

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2007

Bc.Mária Gajdošová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Obor: oděvní technologie

ANALÝZA ZPŮSOBŮ MĚŘENÍ SVĚRNÝCH ÚČINKŮ
KOMPRESÍVNE – ELASTICKÝCH VÝROBKŮ

ANALÝZA SPÔSOBOV MERANIA ZVIERACÍCH ÚČINKOV
KOMPRESÍVNO – ELASTICKÝCH VÝROBKOV

ANALYSIS OF MEASURING METHODS OF
COMPRESSION-ELASTIC PRODUCTS' COMPRESSIVE
EFFICIENCY.

Bc. Mária GAJDOŠOVÁ

KOD - 760

Vedúci diplomovej práce: doc. Ing. Otakar Kunz, CSc.

Rozsah práce a príloh:

Počet strán: 57

Počet tabuliek: 17

Počet obrázkov: 25

Počet grafov: 1

Počet príloh: 8

LIBEREC 2007

Prehlásenie

Prehlasujem, že predložená diplomová práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som v práci neporušila autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Zb. O práve autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

Súhlasím s umiestnením diplomovej práce v Univerzitnej knižnici TUL.

Bola som oboznámená s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb. o práve autorskom, hlavne § 60 (školské dielo).

Beriem na vedomie, že TUL má právo na uzavretie licenčnej zmluvy o použití mojej diplomovej práce a prehlasujem, že **s ú h l a s í m** s prípadným použitím mojej diplomovej práce (predaj, požičanie a pod.).

Som si vedomá toho, že použiť svoju diplomovú prácu či poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom TUL, ktorá má právo odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, vynaložených univerzitou na vytvorenie diela (až do jej skutočnej výšky).

V Liberci, dňa

.....

podpis

Pod'akovanie

Touto cestou ďakujem vedúcemu diplomovej práce Doc. Ing. Otakarovi Kunzovi, Csc. za podnetné pripomienky, návrhy ,rady a obetavú pomoc pri vypracovaní diplomovej práce.

Ďalej by som chcela poďakovať MuDr Júlii Stracenskej za skúsenosti a cenné informácie a za poskytnutie dobrých podmienok pri meraní.

V neposlednom rade patrí poďakovanie mojej rodine, ktorá ma podporovala a pomáhala pri štúdiu.

Anotácia

Táto diplomová práca sa zaoberá metodikou merania účinkov kompresívno- elastických výrobkov na povrch ľudského tela. Popisuje metódy priameho merania a metódy nepriameho merania. Ďalej sa zaoberá vznikom zvieracích účinkov a ich pôsobením na sférické útvary (valec, guľa) .

Ďalšia časť obsahuje tabuľky prípustných hodnôt kompresívnych elastických pančúch s príslušným rozdelením do kompresívnych tried.

Experimentálna časť je zameraná na vlastné meranie zvieracích účinkov zdravotníckych pančúch pôsobiacich na povrch ľudského tela pneumatickým snímačom tlaku „PST X“

Kľúčové slová

Chronická žilná insuficiencia

Kompresívne zdravotnícke výrobky

Meranie

Normy kompresívnych elastických pančúch

Pneumatický snímač tlaku

Žilová svalová pumpa

Kompresívna terapia

Annotation

This thesis deals with the measuring methodology of the effect of compression elastic products on human body surface. It also describes methods of direct and indirect measuring. Moreover, the work occupies with the occurrence of compressive impact and its influence on spherical shapes (cylinder, sphere).

The other part includes tables of admissible values of compression elastic stockings including their classification into compression levels.

The experimental part focuses on measuring compressive stockings' compressive impact on human body surface by means of pneumatic pressure transducer "PST X".

Key words:

Chronic venous insufficiency

Medical compression products

Measuring

Compression elastic stockings norms

Pneumatic pressure transducer

Venous muscle pump

Compression therapy

Obsah

LIBEREC 2007	BC.MÁRIA GAJDOŠOVÁ	1
PREHLÁSENIE.....		3
POĎAKOVANIE		4
ANOTÁCIA		5
ANNOTATION		6
OBSAH		7
ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV		9
ÚVOD.....		10
1. KOMPRESÍVNE ZDRAVOTNÍCKE VÝROBKY		12
1.1 Zvierací účinok elastických výrobkov na povrch ľudského tela		12
1.2 Princíp činnosti žilového systému.....		13
1.3 Poruchy krvného obehu		15
1.4 Prípustné hodnoty tlaku elastických výrobkov		18
1.5 Mechanický systém zvieraceho účinku		19
2. METÓDY MERANIA TLAKU ELASTICKÝCH VÝROBKOV PÔSOBIACICH NA ĽUDSKÉ TELO		21
2.1 Metódy priameho merania.....		21
2.1.1 Analýza metód priameho merania.....		26
2.2 Metódy nepriameho merania		27
2.2.1 Analýza metód nepriameho merania.....		31
3. MERACIE ZARIADENIE PRE MERANIE TLAKU ZVIERANÝCH TELIES (VALEC, GUĽA) ELASTICKOU TEXTÍLIU		32
3.1 Charakteristika pneumatického snímača tlaku „PST X“.....		32
3.2 Meracia jednotka PressCAN pre meranie zvieracieho účinku výrobku na povrch telesa....		33
3.2.1 Program PRESS.EXE		34
3.3 Metodika priameho merania zvieracích účinkov elastických textílií na povrch vypuklého telesa		35

3.4	Charakteristika valcového modelu.....	36
3.5	Charakteristika guľového modelu.....	36
3.6	Charakteristika elastickej textílie	37
3.7	Vlastné meranie zvieracích účinkov elastickej textílie na povrch valca a gule	38
4.	MERANIE ZVIERACÍCH ÚČINKOV ZDRAVOTNÍCKYCH PANČÚCH .	42
4.1	Požiadavky kladené na kvalitné zdravotnícke pančuchy	42
4.2	Charakteristika zdravotníckej pančuchy	43
4.3	Vlastné meranie zvieracích účinkov zdravotníckych pančúch pôsobiacich na dolnú končatinu	45
4.3.1	<i>Metodika merania zvieracích účinkov</i>	45
5.	VÝSLEDKY MERANIA TLAKU PNEUMATICKÝM SNÍMAČOM TLAKU „PST X“	49
	ZÁVER	53
	LITERATÚRA	56

Zoznam skratiek a symbolov

TTV.....	telo-tvarujúce výrobky
RAL.....	nemecká norma
PST.....	pneumatický snímač tlaku
CAN.....	Controller Area Network
σ_1, σ_2	napätie v textílii
ΔF_n	normálová výsledná sila zvieracích účinkov
ΔS	element zvieracej plochy
n.....	nomála
t_1, t_2	dotyčnice
k_1, k_2	oskulačné kružnice
r_1, r_2	polomery krivosti hlavných smerov napätia
p_n	zvierací účinok
$F_{t(5)}$	deformačná sila lemu po 5 minútach
b.....	výška lemu
U_d	obvod valca, ktorý nahradzuje obvod dolnej končatiny
m_1	hmotnosť závažia v smere kolmom na os valca
m_2	hmotnosť závažia v smere osi valca

Symbol	Jednotka	Význam
p	[kPa]	tlak
p	[mm/Hg]	tlak
p	[10 torrov = 1,333 kPa]	tlak
m	[g]	hmotnosť

Úvod

Prvotná funkcia odevu zakrývať a zohrievať telo človeka sa postupom času zmenila. Odev môže ľudské telo aj skrášľovať, upútať pozornosť, dokonca v značnej miere jeho tvar meniť a pretvárať. Medzi prvé telo-tvarujúce výrobky – známe už v 16. storočí – patrí šnurovačka, neskôr korzet. Ich úlohou bolo, podľa práve prebiehajúcej módnjej vlny tvarovať hornú časť tela ako u žien, tak neskôr aj u mužov. Vysoký tlak výrobku pôsobiaci na povrch tela vyvolaný použitým materiálom i strihovými rozmermi (ktoré boli často menšie ako skutočné telesné rozmery) však postavu nielen tvaroval, ale aj výrazne deformoval.

V súčasnosti s vývojom nových textilných materiálov, moderných pletacích strojov, technológií i módných trendov sa stretávame s novými telo-tvarujúcimi výrobkami (TTV) z vysokoelastických materiálov. Medzi tie patria rôzne druhy bielizne, korzety, body, zdravotnícke výrobky a i. Tie okrem kompresívnych schopností formujú jednotlivé proporcie, čím napomáhajú k zlepšeniu kriviek postavy.

Meranie zvieracích účinkov je najdôležitejšie pri používaní kompresívnych výrobkov najmä pre kompresívne zdravotnícke pančuchy. Tu je nevyhnutná kontrola lekára zameraná na výrobky zdravotníckych pančúch s vyššou kompresívnou triedou, vyrábané pre pacientov ako kompresívna terapia v liečbe chorôb žilového systému dolných končatín. Lekár podľa diagnózy individuálne stanoví stupeň kompresie a podľa telesných rozmerov veľkosť kompresívnych zdravotníckych pančúch pre každého pacienta. Ak predpíše slabú kompresiu, dolné končatiny cez deň opúchajú. Čím viac je pančucha na končatine napätá, tým je vyšší jej tlak.

Zdravotnícke pančuchy si vyžadujú presne stanovenú hodnotu tlaku ktorým výrobok pôsobí na príslušnú časť ľudského tela. Tento tlak musí byť na rôznych častiach tela podľa zostupného gradientu odlišný. Nesprávne hodnoty tlaku môžu negatívne ovplyvniť zdravie človeka.

Výrobcovia okrem kompresívnych zdravotníckych výrobkov ktoré sú zaradené do II. kompresívnej triedy s tlakom od 3,35 - 4,3 kPa (25,1 - 32,3 mm/Hg) a III. kompresívnej triedy s tlakom od 4,85-6,2 kPa (36,4-46,5 mm/Hg) vyrábajú aj podporné pančuchové výrobky slúžiace ako optimálny preventívny prostriedok proti vzniku žilových ochorení dolných končatín. Sú to výrobky I. kompresívnej triedy s tlakom od 2,45-2,8 kPa (18,4-21,0 mm/Hg) v mieste nad členkom. Pravidelným používaním podporných pančúch sa môže predísť zdravotným ťažkostiam a zabrániť závažnejšiemu poškodeniu žilového systému.

Príliš vysoký tlak pôsobiaci z TTV môže na telo negatívne vplývať napr. na pokožku, činnosť vnútorných orgánov i celých orgánových sústav (najmä cievny a lymfatický systém). Z týchto dôvodov by bolo vhodné vytvoriť pre zdravotníkov a hlavne výrobcov podobných TTV dostupnú metódu, ktorá by na základe mechanických vlastností textílie a zameraných plošných deformácií textílie na povrch tela umožnila definovať tlak pôsobiaci na tento povrch.

1. Kompresívne zdravotnícke výrobky

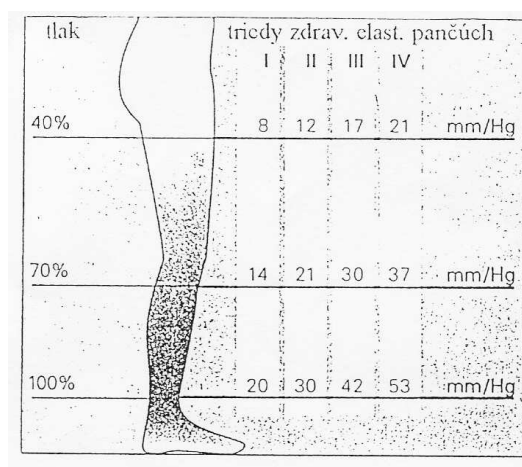
1.1 Zvierací účinok elastických výrobkov na povrch ľudského tela

Tlak, pôsobiaci na povrch tela, vyvolaný telo-tvarujúcim výrobkom, nazývame zvieracím účinkom. Zvierací účinok TTV závisí od viacerých faktorov:

- tvaru tela,
- konštrukcie a strihových rozmerov výrobku,
- vlastností použitého materiálu a pod.

Rôzne časti ľudského tela majú tiež svoje odlišnosti, čo sa týka „deformovateľnosti“ a „znášania“ tlakov rôznej intenzity.

Všeobecne by mala byť veľkosť zvieracieho účinku taká, aby výrobok poskytoval pocit komfortu a zároveň plnil svoju funkciu. Nesmie však obmedzovať prirodzené biologické pochody v ľudskom organizme. Prípustná výška tlaku na ľudské telo je diferencovaná, a to tak, že jej hodnota je najvyššia v dolných končatinách a smerom hore sa znižuje (obr. 1).



tlak	triedy zdrav. elast. pančúch				
	I	II	III	IV	
40%	8	12	17	21	mm/Hg
70%	14	21	30	37	mm/Hg
100%	20	30	42	53	mm/Hg

Obr. 1 - Gradient zostupu tlaku [1]

Minimálna hodnota tlaku je stanovená v trupovej časti tela, t. j. pre oblasť srdca. V súčasnosti sú prípustné hodnoty tlaku konkrétne definované (odporúčané zdravotníkmi) len pre výrobu elastických zdravotníckych pančúch

(tab. 1) kde je tlak sledovaný, zatiaľ čo pre bielizňové a korzetové výrobky sú tieto hodnoty stanovené len veľmi približne v rozmedzí od 2,7 do 3,3 kPa alebo dokonca od 1,6 do 2,2 kPa. [1]

1.2 Princíp činnosti žilového systému

Cievny systém v ľudskom tele zaisťuje zásobovanie všetkých buniek kyslíkom a živinami a zároveň odvádza odkysličenú krv a splodiny metabolismu. Je tvorený **tepniami** /artérie/, ktoré vedú okysličenú krv zo srdca do celého obvodu tela. Stenu tepien tvoria 3 vrstvy:

vnútorná – hladká, z väziva, pokrytá endotelovými bunkami

prostredná – z kruhovito upraveného hladkého svalstva s elastickým väzivom

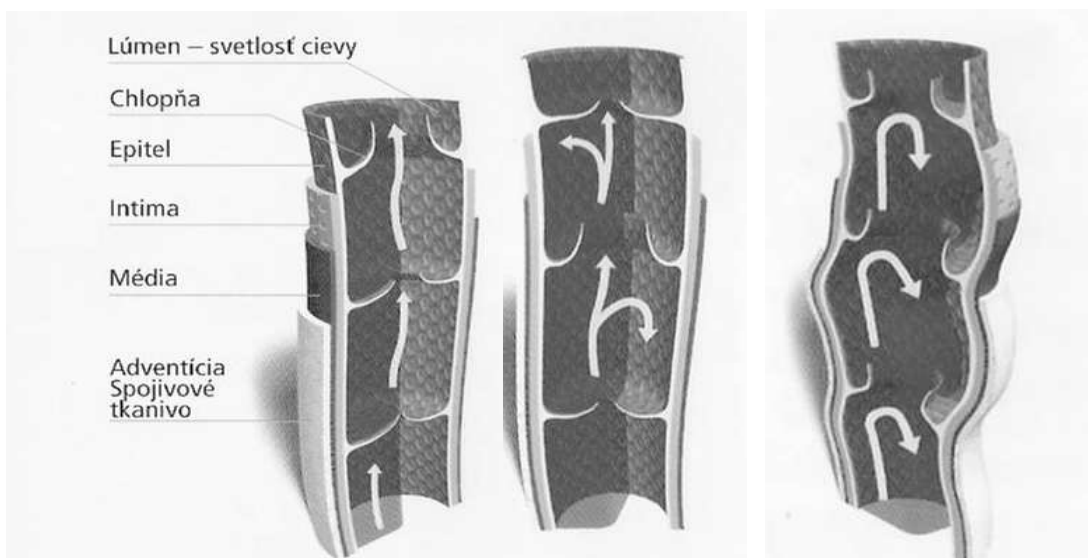
povrchová – z riedkeho väziva

a **žilami** /vény/, ktoré odkysličenú krv so splodinami metabolismu odvádzajú z telového obvodu do srdca. Majú vrstevnatú štruktúru podobnú ako steny tepien, ale ich prostredná vrstva je oveľa slabšia. Vnútorná vrstva vytvára kapsovité chlopne, ktoré usmerňujú tok krvi centrálnym smerom k srdcu a nie naopak. V organizme funguje ešte aj tretí transportný systém- **lymfatický**, ktorý posilňuje žilový systém a odvádza tkanivovú tekutinu do žilového systému a do srdca [2].

Zo srdca je krv vytláčaná do tepnového systému tvoreného tepniami rôznej veľkosti, ktoré sa zmenšujú smerom do periférie a končia jemnými kapilárnymi tepienkami, ktoré zásobujú tkanivové bunky a postupne, s klesajúcim krvným tlakom v tzv. arteriovenózných spojkách je krv nasávaná do najjemnejších žilových pletencov, ktoré sa smerom do centra zväčšujú na hrubšie žilové vetvy a prechádzajú na mohutné žilové kmene hornej a dolnej dutej žily, ktorá privádza odkysličenú krv do pravej komory srdca [2].

Tok krvi v žilovom systéme dolných končatín (obr. 2) je ovplyvňovaný dvoma hlavnými mechanizmami. Je to podtlak a nasávanie krvi do srdca pri dýchaní a správne fungujúca **žilová svalová pumpa**, čo je vlastne dobre

fungujúca koordinácia medzi sťahmi svalstva dolných končatín a dobrou priechodnosťou končatinových žíl. Neoddeliteľnou súčasťou správne a výkonne fungujúceho systému sú žilové chlopne, ktoré pôsobia ventilovým mechanizmom a bránia prechodu krvi späť v smere gravitácie [2].



Obr. 2: Tok krvi v žilovom systéme dolných končatín

Pri narušení tohto mechanizmu, chlopne strácajú svoju pružnosť, otvory v chlopniach sa rozširujú, žilová krv sa vracia, hromadí sa v povrchových žilách a negatívne pôsobí na stenu žily nielen mechanický - vo vzpriamenej polohe človeka dochádza k povoleniu steny žily a k rozširovaniu žily - hydrostatickým tlakom krvného stĺpca, ale aj biochemický – stagnujúca krv obsahuje málo kyslíka, málo výživných látok a naopak viac splodín látkového metabolizmu, čím dochádza k biochemickému poškodeniu cievnej steny a mechanické poškodenie sa takto ešte prehĺbi. S rozšírením a poškodením cievnej steny dochádza k nefunkčnosti chlopní a poškodeniu žily. Žila sa stáča a vakovito rozširuje, pod kožou sa začínajú objavovať útvary, ktorým hovoríme varixy alebo kŕčové žily [2].

1.3 Poruchy krvného obehu

Žilné ochorenia dolných končatín sú u ľudí veľmi rozšírené. Rozoznávame rôzne druhy ochorení žíl podľa miesta výskytu. Pri ochorení povrchových žíl vznikajú tzv. kŕčové žily alebo varixy, ktoré môžeme ľahko rozoznať podľa ich typického klukatého tvaru. Ak sa toto ochorenie obmedzí na povrchový systém, sú zdravé žily v hĺbke väčšinou schopné vyrovnať výpadok pri spätnom transporte krvi. Ak však porucha zasahuje aj cez spojovacie žily do hlbokých žíl, vzniká už vážnejší klinický obraz, v ťažších prípadoch až tvorba vredov. Základné patofyziologické poruchy, ako insuficiencia chlopní, reflux a ďalšie patogenetické momenty dolných končatín, sa dajú ovplyvniť kompresiou. Prírodná masáž kože a podkožia šľachami a svalmi, napr. pri chôdzi bráni výskytu vredov, ktoré sa najčastejšie tvoria na prednej, vnútornej a vonkajšej ploche predkolenia [3].

Chronická žilná insuficiencia je patologický stav charakterizovaný nedostatočnou funkciou žilného systému (nedostatočným žilným návratom). Jej príčinou sú buď primárne žilné varixy, alebo posttrombotický syndróm spojený so vznikom sekundárnych varixov. Primárne varixy postihujú asi 10 % populácie staršej ako 18 rokov, pritom sú viac postihnuté ženy. Jedná sa o vakovito rozšírene žily povrchového systému na dolných končatinách. Svalová pumpa nie je schopná zaistiť v žilách dostatočný návrat krvi k srdcu. Dochádza k vzniku žilnej hypertenzie a k preťaženiu povrchového žilného systému. Dôsledkom uvedených porúch je vytvorenie opuchov a poškodenie mikrocirkulácie, ktorá vedie až ku vzniku predkolenných vredov [3].

Chronické vedy predkolenia sú najzávažnejšou komplikáciou žilovej nedostatočnosti dolných končatín. Neoddeliteľnou súčasťou liečby žilových ochorení dolných končatín a doliečovania vredov predkolenia je kompresívna terapia. Základným princípom kompresívnej terapie je podpora alebo úplná náhrada nedostatočne fungujúcej kožno-svalovej pumpy elastickým účinkom pružnej tkaniny. Ku kompresívnej terapii je možné použiť elastické kompresívne pančuchy.

Správna kompresia plní celý rád úloh:

- urýchľuje žilný tok a znižuje tlak na žilnú stenu,
- znižuje žilnú zásobu v dolných končatinách a podporou svalovej pumpy znižuje žilný tlak,
- zvyšuje osmotický tlak, znižuje filtráciu a tým pôsobí proti opuchom.

Normálny žilný tlak v oblasti členkov sa pohybuje v rozmedzí 10-22 mm/Hg (torrov). U ľudí s chronickou žilným ochorením sa jeho hodnota zvyšuje až na 90 mm/Hg a viac [3].

Aby bola kompresia účinná, musí dochádzať centrálnym smerom (t. j. k povrchu tela) k postupnému znižovaniu kompresného tlaku v tomto pomere:

- v členku 100 %
- pod kolenom 70 %
- nad kolenom 50 %
- na stehne 40 %

Podľa závažnosti postihnutia žilného systému musí vonkajšia kompresia vytvárať rôzny vonkajší tlak na žilný systém. Podľa výšky tohto tlaku rozdelil Thomas kompresívne pančuchy do 4 skupín (tab.1).

Tab. 1 - Klasifikácia elastických pančúch do kompresívnych tried [3]

Trieda	Tlak (mmHg)	Efekt
I.	do 20	Mírný efekt na povrchové žíly
II.	20–30	Dobrý efekt na povrchové žíly, mírný efekt na hlboké žíly
III.	30–50	Dobrý efekt na povrchové i hlboké žíly
IV.	nad 50	Veľmi dobrý efekt na hlboký žilný systém

1. Ľahká kompresia (do 20 mm/Hg).
2. Mierna až stredná kompresia (cca 20–30 mm/Hg).
3. Silná až vysoká kompresia (cca 30-50 mm/Hg).
4. Veľmi silná až veľmi vysoká kompresia (nad 50 mm/Hg).

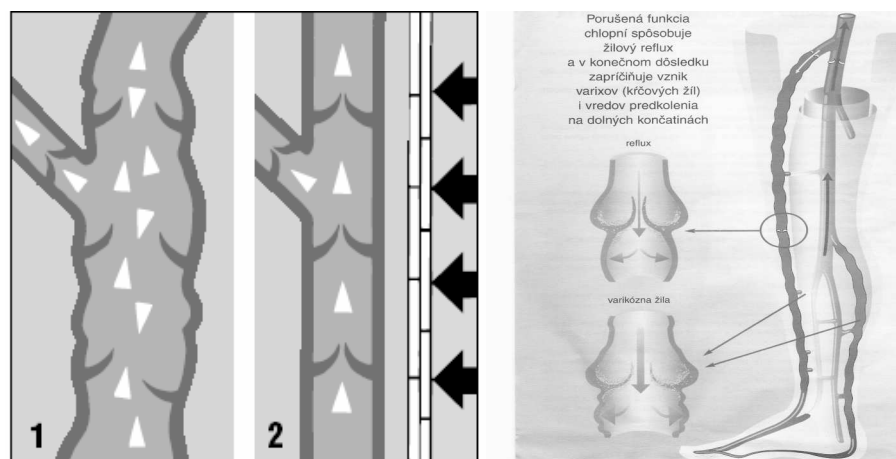
Chronické opuchy sa trvalo liečia elastickými pančuchami. Žily sú vybavené chlopňami prepúšťajúcimi krv len proximálnym smerom. Tým je umožnený výstup krvi proti gravitačnej sile. Kontrakcie svalov a tým aj žíl, posúvajú krv medzi chlopňami a tá vystupuje akoby po schodíkoch ku srdcu. Pri nedovieraní chlopní krv klesá a zvyšuje sa tlak [3].

Úlohou kompresívnych pančúch je:

- zosilniť tlak svalstva na žilu,
- jej stlačením zlepšiť zatvárateľnosť chlopne.

Kompresiou sa vytvorí silný tlak, ktorý spôsobí zúženie chorobne rozšírených žíl. Tým je umožnené i znovuzavretie chlopní, zvýši sa rýchlosť prúdenia krvi a normalizuje sa spätný transport. Zlepší sa prekrvenie kože, znižuje sa nebezpečenstvo zápalu i trombózy (obr. 3).

Pôsobenie kompresívnych pančúch na dolné končatiny je nasledovné: pančuchy vytvoria na končatine tak silný tlak, že dochádza k zúženiu chorobne rozšírených žíl. Žilové chlopne sa môžu znovu zatvoriť. Rýchlosť prúdenia krvi sa zvýši a spätný transport sa normalizuje. Bez kompresie by nedošlo k žiadnemu podstatnému zlepšeniu ochorenia [3].



Obr. 3 - Účinok kompresívnych pančúch (2) na chorobne rozšírené žily (1)

1.4 Prípustné hodnoty tlaku elastických výrobkov

Elastické odevné výrobky pôsobia na ľudské telo určitým tlakom, ktorý môže byť neúmerne vysoký a tým môže spôsobovať nežiaduce obmedzenia biologických funkcií organizmu, napríklad normálneho krvného obehu a pod. Preto je nutné sledovať a analyzovať hodnoty tlaku, ktorými pôsobia elastické výrobky na ľudské telo. Meranie zvieracieho účinku sa prevádza najmä na výrobkoch, ktoré plnia funkciu terapeutických prostriedkov. Patria tu zdravotnícke pančuchy, ktoré sú používané ako terapeutické pomôcky pri liečení žilnej nedostatočnosti dolných končatín. Ich tlakové účinky majú vyrovnávať hydrostatický tlak krvného stĺpca v žilnom systéme.

Podľa tlaku, ktorý musia kompresívne pančuchy vyvolať, rozlišujeme podľa nemeckej normy RAL 4 kompresívne triedy (tab. 2). Pre zaradenie do určitej triedy je rozhodujúci tlak, ktorý pančucha vyvoláva v najužšom mieste nad členkom nohy. Tieto triedy odpovedajú žilnému tlaku pri rôznych žilných ochoreniach v priestore okolo členkov pri chôdzi. Stupeň kompresie musí zodpovedať charakteru postihnutej končatiny, ktorá musí byť presne zmeraná [10].

Tab. 2 - Kompresívne triedy zdravotníckych pančúch [10].

Druh elastickej zdravotnej pančuchy		Tlak nad členkami	
Trieda	Stupeň kompresie	kPa	mmHg
I.	ľahká	2,4 - 2,8	18,1 - 21,3
II.	stredne silná	3,3 - 4,3	25 - 32
III.	silná	4,8 - 6,2	36,5 - 56,5
IV.	extra silná	7,85	60

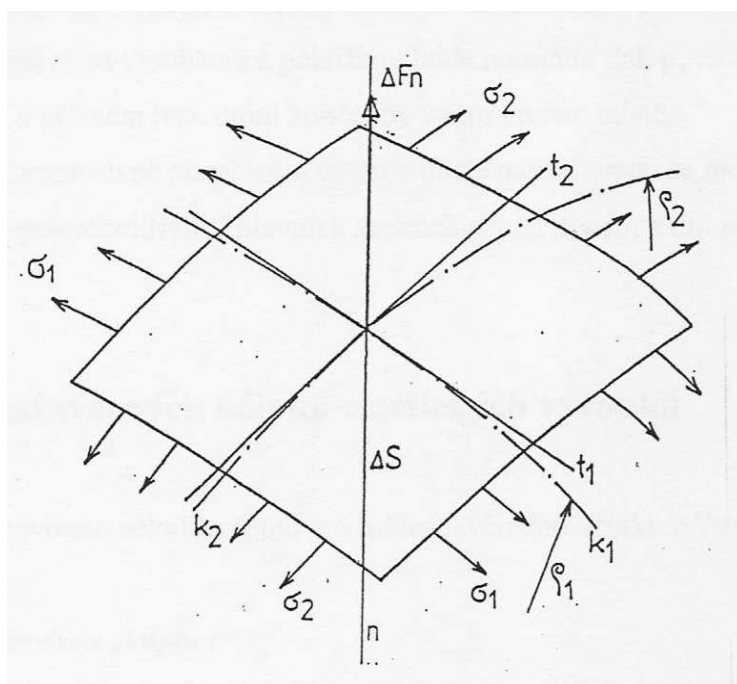
Rozdelenie do skupín podľa tlaku nie je celkom presné a má toleranciu $\pm 10\%$ podľa použitého materiálu a podľa výrobcu. Tieto hodnoty sú aktuálne iba pre zdravotnícke kompresívne pančuchové výrobky. Lekári odporúčajú rozmedzie maximálnych tlakov elastických výrobkov používaných na telotvarujúce výrobky bez toho, aby obmedzovali krvný obeh okolo 15 – 20 torrov (1,33 – 2,67 kPa). Pokiaľ sa predpíše slabá kompresia, končatina začne opúchať. Stupeň kompresie musí však zodpovedať charakteru postihnutej

končatiny. Kompresia môže byť úspešná iba vtedy, ak je založená na presnom meraní končatiny a presnom predpise. U všetkých indikácii sa pri nadmernej hmotnosti pacienta, alebo pri jeho dlhodobom statí odporúča kompresia o triedu vyššia [4].

1.5 Mechanický systém zvieraceho účinku

Pri meraní zvieracích účinkov elastických výrobkov sledujeme normálové sily na určitých miestach povrchu ľudského tela. Veľkosť tlaku p sa najčastejšie vyjadruje v torroch, resp. milimetroch ortuťového stĺpca (mm/Hg), než v Pa alebo kPa (10 torrov = 1,333 kPa).

Tlak odevného výrobku pôsobiaci na povrch ľudského tela je prípadom sférického pôsobenia síl, ktorý je závislý na dvojosej napätosti zvierajúceho výrobku (elastickej pančuchy) σ_1 , σ_2 , a tvaru tela v meranom mieste. Tvar tela je určený polomermi krivosti r_1 , r_2 preložených oskulačných kružníc k_1 , k_2 v kolmých rovinách nt_1 a nt_2 (obr. 4) [5].



Obr. 4 - Silové účinky telesa zvieraného kompresívnym výrobkom [5]

Kde:

σ_1, σ_2 napätie v textílii
 ΔF_nnormálová výsledná sila zvieracích účinkov
 ΔSelement zvieracej plochy
 nnormála
 t_1, t_2 dotyčnice
 k_1, k_2 oskulačné kružnice
 r_1, r_2 polomery krivosti hlavných smerov napätia

Tlak zvieracích účinkov p_n podľa (obr.4) a rovnováhy síl v smere normály možno vyjadriť:

$$p_n = \frac{\Delta F_n}{\Delta S} = \frac{\sigma_1}{r_1} + \frac{\sigma_2}{r_2} \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

Kde:

ΔF_n výsledný účinok tlakových síl v smere normály n
elementu plochy ΔS .
 p_nzvierací účinok [Pa]
 σ_1, σ_2napätie v kompresívnej textílii v hlavných smeroch
napätia [Nm⁻¹]
 r_1, r_2polomery krivosti [m]

Pozitívny zvierací účinok majú vypuklé telesa a telesa po obvode napr. dolná končatina. Normálny tlak p_n bude potom závislý predovšetkým od polomeru krivosti v priečnom reze dolnej končatiny v určitom mieste (ak nebudeme brať do úvahy frikciu medzi výrobkom a pokožkou) [5].

2. Metódy merania tlaku elastických výrobkov pôsobiacich na ľudské telo

Všetky merania môžeme rozdeliť do **dvoch veľkých skupín**:

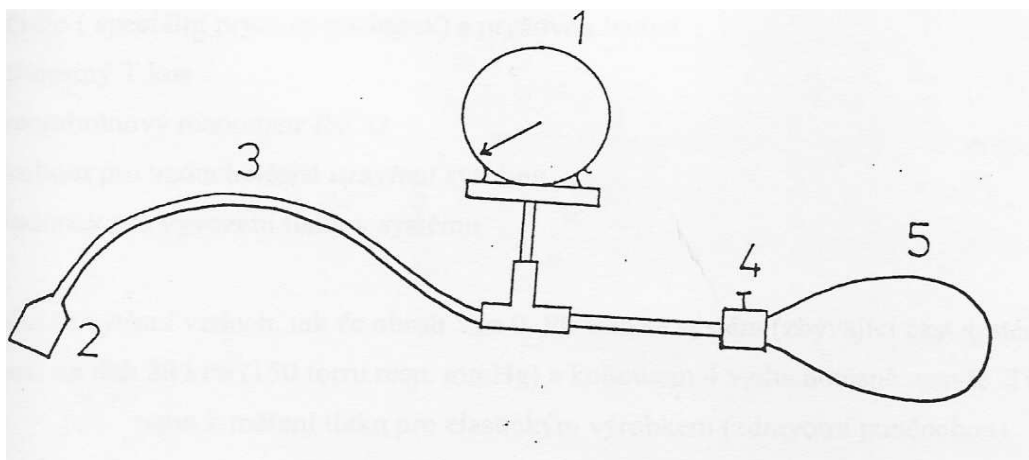
- metódy priameho merania – dovoľujú stanoviť hľadanú veličinu a obmedziť chybu merania na minimum,
- metódy nepriameho merania – skúma sa akákoľvek ľubovoľná premenná.

[6]

2.1 Metódy priameho merania

Metódy priameho merania tlaku, ktorým pôsobí pružný textilný útvar na povrch ľudského tela spočíva na pneumatických alebo mechanických princípoch konštrukcie meracích čidiel. Najrozšírenejšie sú metódy založené na pneumatickom a na pneumoelektrickom princípe [6].

Najpoužívanejšou a najznámejšou metódou merania zvieracích účinkov zdravotníckych pančúch, ktorá sa používa v medicínskej praxi je „**zariadenie dr. Zigga**“ (obr. 5).



Obr. 5 - Zariadenie dr. Zigga

Kde:

- 1 – manometer
- 2 – čidlo (gumový balónik)
- 3 – latexová hadica
- 4 – ventil pre vzduchotesné uzatvorenie systému
- 5 – balónik pre vytvorenie tlaku v systéme

Zariadenie sa skladá z malého gumového balónika – čidla **2**, ktoré je latexovou hadicou **3** spojené s manometrom **1**. Ten sa podobá bežnému tlakomeru pre meranie krvného tlaku. Balónik a latexová hadica je v polyetylénovom puzdre. Celý tento komplex sa pri obliekaní kompresívnej elastickej pančuchy umiestni pod pančuchu na prednú plochu holene a pomalým posúvaním sa môže zmerať zvierací účinok v ktoromkoľvek mieste končatiny. Prístroj sa nahustí pomocou gumovej hrušky na tlak 20 mm/Hg, resp. 2,6 kPa. Čidlo sa skladá z dvoch na okraji vzájomne spojených gumových alebo polyetylénových doštičiek. Pumpovaním vzduchu medzi doštičky postupne vyrovnávame vonkajší tlak a tlak vo vnútri čidla. V okamihu, kedy sú uvedené tlaky rovnaké, sa odev oddeľuje od povrchu tela. Hodnota nameraného tlaku sa odčíta na stupnici manometra, ktorý je spojený s čidlom.

Meraný tlak je indikovaný na stupnici manometra. Na základe hodnôt indikovaných na manometri z rôznych miest výrobku sa zaznamenáva graf, ktorý udáva zmenu tlaku pri pôsobení elastickeho výrobku na povrch ľudského tela (obr. 6). Body A a B udávajú maximálny tlak.

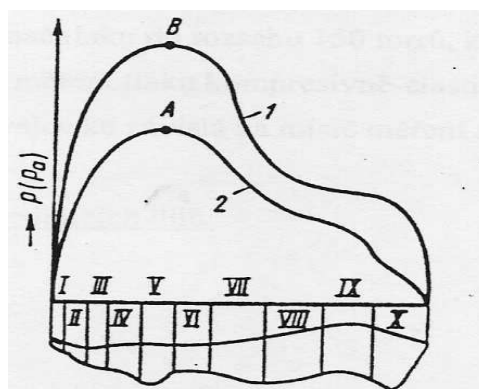
Kde: 1 – obvinadlo

2 - zdravotnícka pančucha

A, B – hodnoty maximálneho tlaku [Pa]

I, II, ...X – jednotlivé etapy merania

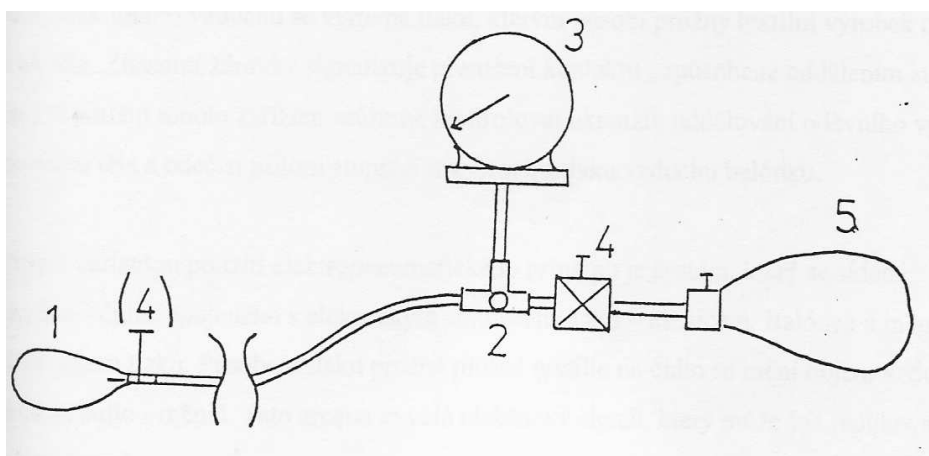
Obr. 6: Zmena tlaku, ktorým pôsobí zdravotnícka pančucha a obvinadlo na nohu [6]



Pomocou tohto zariadenia sa dá zmerať tlak, ktorým pôsobia zdravotnícke pančuchy na povrch tela nielen za statických, ale aj za dynamických podmienok [6] .

Zariadenie „**PST – 150**“ na obr. 7 predstavuje pneumatický snímač tlaku do rozsahu 150 torrov, ktorý využíva metodiku merania zvieracích účinkov, založeného na priamom meraní tlaku kompresíne-elastických pančúch, pôsobiaceho na dutý valec. Veľkosť rotačného valca je závislá od miesta merania a veľkosti výrobku.

Pneumatický snímač tlaku „PST – 150“ sa skladá z týchto dielov:



Obr. 7: Pneumatický snímač tlaku „PST – 150“ [4]

Kde:

- 1 – čidlo (špeciálny gumový vankúšik) s gumovou hadicou
- 2 – trojcestný T kus
- 3 – membránový manometer INCO
- 4 – ventil pre vzduchotesné uzatváranie systému
- 5 – balónik pre vytvorenie tlaku v systéme

Z čidla **1** sa vytlačí vzduch tak, že obsah $V_a = 0$ a ventilom **4** sa vzduchotesne uzavrie. Zvyšná časť systému sa nahustí na tlak 20 kPa (150 torrov resp. mm/Hg) Tým je zariadenie pripravené k meraniu tlaku pod elastickým výrobkom - zdravotníckou pančuchou [4].

Ďalším z pneumatických spôsobov merania je **Lemmonovo čidlo** .

Zariadenie sa skladá z kovového kotúčika, ktorého horná časť je pokrytá tenkou gumovou vrstvou. V priestore medzi kovovým kotúčikom a gumovou vrstvou je natlakovaný vzduch. Tlak sa reguluje a meria na prívode vzduchu manometrom. Čidlo sa vsunie medzi textilný výrobok a povrch ľudského tela a hodnota tlaku vyvolaná textilným výrobkom sa indikuje na stupnici manometra [6].

Iným spôsobom merania tlaku na pneumatickom princípe je zariadenie s **elektropneumatickým kontaktným čidlom**.

Čidlo je gumový balónik, na ktorého vnútornej stene sú nalepené dva elektrické kontakty resp. tenké kovové drôty, vyvedené do hadice pre prívod vzduchu do balónika a spojené s nízkonapäťovým zdrojom napájania a žiarovkou. Ak nie je v balóniku vzduch, priliehajú steny k sebe a kovové drôty tvoria uzavretý kontakt. Ak napumpujeme do balónika vzduch, tlak tohto vzduchu sa vyrovná tlaku pôsobiacemu pružným textilným výrobkom na povrch tela. Zhasnutie žiarovky signalizuje prerušenie kontaktu, spôsobené oddelením stien čidla. Pri použití tohto zariadenia môžeme kontrolovať okamih oddeľovania odevného výrobku od povrchu tela a pritom odčítať na stupnici manometra hodnotu tlaku vzduchu v balóniku [6].

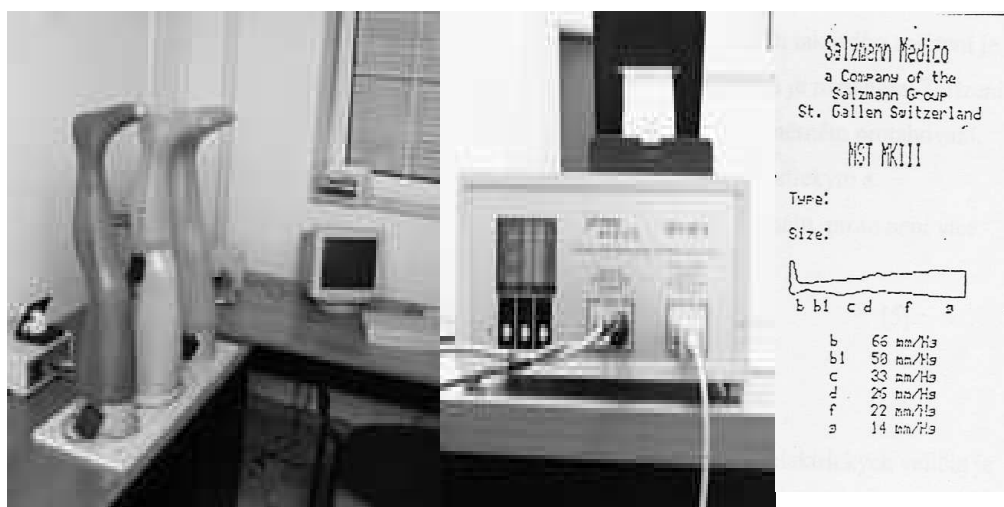
Zložitejšou variantou použitia elektropneumatického princípu je systém, ktorý sa skladá z balónika – čidla spojeného s elektronickým snímačom tlaku – meničom. Čidlo a menič majú stabilný objem tlaku. Pôsobením tlaku pružnej plošnej textílie na čidlo sa mení objem vzduchu v systéme čidlo – menič. Táto zmena vyvolá elektrický signál, ktorý môže byť reprodukováný v číselnej forme [6].

Existuje aj iná konštrukcia tohto druhu, ktorá je založená na analogickom princípe. Skladá sa z balónika – čidla a elektronického meniča. Na vnútornom povrchu čidla sú nalepené dva kovové kotúčiky, spojené s elektronickým zapisovacím zariadením. Kým sa tlak vo vnútri balónika nevyrovná s tlakom ktorým pôsobí plošná textília, zariadenie zaznamenáva v grafe krivku so vzostupnou tendenciou. V okamihu vyrovnania oboch tlakov sa balónik sa roztiahne, kotúčiky sa odpoja a krivka klesá na nulovú hodnotu [4].

Firma SALZMANN MEDICO dodáva zariadenie pod označením **MSM MK III** (obr. 8). Je to ďalší pneumatický systém pre overovanie zvieracích účinkov zdravotníckych pančúch. Prístroj sa skladá z PC zostavy, výstupu ktorý predstavuje tlačiareň, modelu dolných končatín rôznych obvodových rozmerov a z meracieho prístroja MSM MK III. Ten obsahuje vzdušný spoj a elektrický prípoj pre meráciu sondy, rozhranie RS232 a LCD ovládač kontrastov (rozdielov). Ďalším dôležitým prvkom je meracia sonda s plastickým vrškom, ktorý zakrýva spojenie medzi sondou s paralelným káblom a medzi týmto káblom s ďalšími spojeniami. Táto sonda je dodávaná v troch verziách:

- lýtková A-D – pre meranie lýtkových pančúch,
- polostehenná A-F – pre meranie polostehenných pančúch,
- stehenná A-G – pre meranie stehenných pančúch a pančuchových nohavíc.

Pre získanie presnejších výsledkov merania musí byť použitá príslušná sonda pre príslušný typ pančuchy. Funkčná životnosť sondy je asi 300 meraní.



Obr. 8: Ukážka meracieho zariadenia a registrácie výsledkov merania [7]

Spôsob merania:

Skúšaná kompresívna pančucha sa natiahne na model dolnej končatiny s pevne prichyteným pozdĺžnym pneumatickým snímačom po dĺžke modelu. Do sondy sú zabudované kontakty nízkonapäťového okruhu, a to v konkrétnych miestach na končatine. Kontakty sú pevne pripojené k protiľahlým stenám plochého tlakového snímača. Postupne ako sa tlak v sonde zvyšuje, dôjde

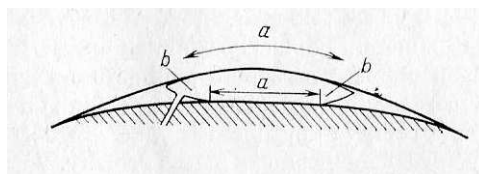
v okamihu kedy vnútorný tlak prevyšuje vonkajší tlak k prerušeniu kontaktu a registruje sa hodnota zvieracieho účinku [7].

Merané sú predovšetkým miesta:

- nad členkom, kde je zvierací účinok najsilnejší
- v mieste lýtky
- pod kolenom
- nad kolenom
- v stehennej časti končatiny

2.1.1 Analýza metód priameho merania

Mechanické metódy merania tlaku textilných výrobkov pôsobiacich na povrch ľudského tela sú založené na princípe merania síl, ktoré je nutné vyvinúť k tomu aby sa odevný výrobok odtiahol od povrchu tela, alebo k tomu aby sa prehnutá časť pružného odevného výrobku vyrovnala. Tento princíp je použitý v prístrojoch rôznej konštrukcie a spočíva v tom, že sa medzi pružnú textíliu a povrch ľudského tela vloží čidlo v podobe plochého gumového balónika. Balónik sa nahustí vzduchom a zistený tlak je indikovaný na stupnici manometra, ktorý je spojený s týmto pneumatickým systémom. Na obr.9 je znázornená poloha pneumatického čidla naplneného vzduchom medzi pružnou plošnou textíliou a ľudským telom [6].



Obr. 9: Gumový balónik- čidlo umiestnený medzi výrobok a ľudské telo [6]

Pri autorových experimentoch hodnoty merania odčítané na stupnici manometra boli trikrát vyššie než hodnoty získané výpočtom pomocou vzorcov. Príčiny tohto nesúladu si vysvetľuje tým, že v oblasti polohy čidla je polomer

zakrivenia na skúmanom úseku pružnej textílie značne menší, než polomer ľudského tela. Poukazuje ešte na dve okolnosti, že polomer zakrivenia pružnej textílie v oblasti merania t. j. polomer zakrivenia gumového balónika je určovaný vzťahom pružnosti materiálu z ktorého je balónik- čidlo zhotovený, pružnosťou textílie a tlakom vzduchu nachádzajúcim sa v balóniku. V dôsledku toho neexistuje vzťah medzi polomerom zakrivenia pružnej textílie a zakrivením časti ľudského tela v oblasti merania. Okrem toho sa navzájom ovplyvňuje pružná textília a balónik- čidlo iba v časti povrchu ktorá je označená písmenom α . Časť balónika b je vo voľnom stave. Táto analýza dokazuje nedokonalosť konštrukcie balónika- čidla, použitého pri meraní [6].

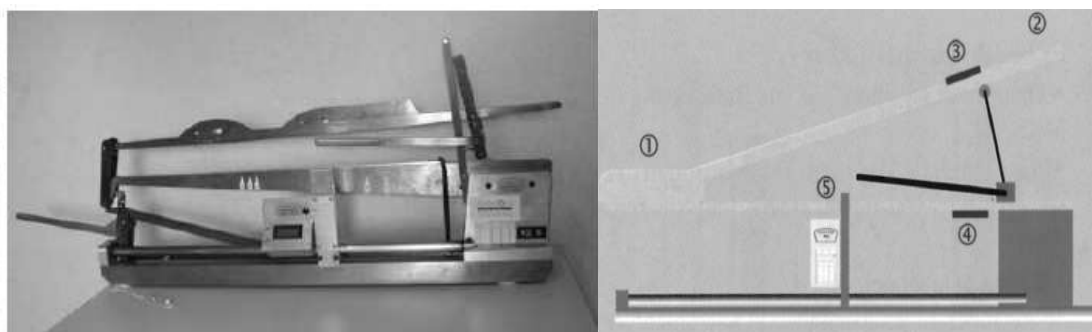
2.2 Metódy nepriameho merania

Metódy nepriameho merania vychádzajú zo skutočnosti, že zo všetkých neelektrických veličín je možné spoľahlivo zmerať iba dĺžku. Sily môžeme merať prostredníctvom deformácie akejkoľvek meracej pružiny, ktorá je úmerná pôsobiacim silám. U pružných textilných výrobkov je účelne používať pre toto meranie materiál vlastnej pružnej textílie, pretože sa deformácia ľahko vypočíta porovnaním rozmerov plošnej textílie vo voľnom stave a z rozmerov tela v skúmanej oblasti. Existuje niekoľko metód hodnotenia sily tlaku pomocou zariadenia pre meranie závislosti „zaťaženie –pretiahnutie“ ktorým pôsobí elastický výrobok na ľudské telo [6].

Jednu z nich využil **Dr. Vogler** vo výskumnom ústave v St. Gallen vo Švajčiarsku pri skúšaní zdravotníckych elastických pančúch. Podľa tejto metódy sa v rôznych častiach pružnej zdravotníckej pančuchy vystrihli valcové vzorky v šírke 25 mm. Vzorky boli zložené dvojmo a zopnuté do svoriek dynamometra ktorý zaznamenával krivku udávajúcu závislosť „zaťaženie – pretiahnutie“. Rýchlosť preťahovania bola 10 cm/min. Jednotlivé skúšané výrobky sa líšili spôsobom výroby a druhom elastomerovej nite. Výsledky merania ukázali že zaťaženie ktoré je potrebné pre pretiahnutie skúšaného úseku výrobku je v rôznych častiach a u rôznych druhov výrobku odlišné. Na základe tohto

zaťaženia je potom možné nepriamo určiť zvieraciú silu výrobku [6].

HATRA prístroj. Tento prístroj bol vyvinutý v roku 1972 v Anglicku firmou Hatra. Je založený na princípe stanovenia síl potrebných k pretiahnutiu textílie. Prístroj (obr.10) sa skladá z dvoch pák, kde dolná páka je pevná a horná páka napína kompresívnu pančuchu. Meracia hlavica sa posúva po koľajnici, pričom sonduje vyznačené miesta. Kompresívna pančucha sa natiahne cez obe nenapnuté páky a pripevní. Hornou pákou sa potom pančucha napne a uvoľní. Po ďalšom napnutí nasleduje meranie. Meracia hlavica odčíta na stupnici počítadla silu, ktorou pôsobí meraný výrobok na čidlo. Na základe výsledkov merania sa určí tlak [10].



Obr. 10: Merací prístroj – HATRA [10]

Kde:

- 2.....pohyblivá páka k napnutiu pančúch
- 3.4.....svorky k upevneniu pančúch
- 5.....počítač

Iným príkladom nepriameho merania je metóda SLR-C, ktorá bola vyvinutá vo Výskumnom ústave pletiarskom v Brne. Meranie bolo realizované na **dynamometri INSTRON** s použitím špeciálnych hákových čelustí. Uvedené zariadenie je určené predovšetkým na meranie zvieracích účinkov lemu pančuchových výrobkov. Deformácia lemu bola volená v troch stupňoch. Pri každom stupni deformácie bola odčítaná deformačná sila. Hodnota zvieracích účinkov bola potom vypočítaná zo vzťahu:

$$p_s = 2\pi \frac{F_{t(5)}}{bU_{dk}} \quad [\text{kPa}] \quad (2)$$

kde: p_s je hodnota zvieracieho účinku lemu
 $F_{t(5)}$ deformačná sila lemu po 5 minútach
 b výška lemu
 U_d obvod valca, ktorý nahradzuje obvod dolnej končatiny

[4]

Ďalšia metóda hodnotenia zvieracích účinkov pružných plošných textílií navrhnutá *International Federation of Knitting Technologists USA*, spočíva vo vyhodnocovaní straty zvieracej sily ak držíme výrobok určitú dobu v roztiahnutom stave. Táto hodnota sa vyjadruje v percentách maximálnej zaznamenananej zvieracej sily výrobku. Strata zvieracej sily sa stanovuje pre roztiahnutie výrobku zodpovedajúceho podmienkam nosenia.

Výrobok sa skúša tým spôsobom že sa natiahne na formu nohy tak, aby bol rovnomerne rozložený po celej dĺžke. V miestach merania sa vyznačí štvorec v dĺžke strany 25 mm. Potom sa výrobok zloží z formy a odloží na dobu minimálne 5 minút na relaxáciu. Po 5 minútach sa výrobok položí na hladký povrch a merajú sa rozmery označených štvorcov.

Meranie sa robí na prístroji **INSTRON** v troch cykloch zaťaženia – uvoľnenia, pričom sa zistí dvojrozmerné pretiahnutie výrobku. Oblasť ktorá charakterizuje závislosť pretiahnutia je vyjadrená hysteréznou krivkou. Porovnaním kriviek získaných pri skúšaní rôznych častí výrobkov je možné nepriamo stanoviť hodnoty zvieracej sily na rôznych miestach výrobku [6].

Ďalšia metóda, ktorou je možné merať tlaky kompresívnych pančúch je tzv. „**pásková metóda**“. Túto metódu používa firma DEONA MEDI s. r. o.

Postup merania:

Pred skúškou sa skúšaná pančucha 2-krát po sebe natiahne a stiahne zo štandardnej modelovej dolnej končatiny v zodpovedajúcej veľkosti (kvôli uvoľneniu). Pri ďalšom natiahnutí sa pančucha umiestni tak, že horný lem odpovedá meraciemu miestu modelovej dolnej končatiny [8].

Na prednej strane dolnej končatiny sa vo výške meracieho miesta umiestni značka v pozdĺžnom a priečnom smere. Pančucha sa zloží z modelovej dolnej

končatiny a znovu sa natiahne a označuje. Po najmenej dvoch hodinách voľného rozloženia pančuchy sa opäť zmeria vzdialenosť značiek. Rozmery vzdialenosti značiek sa spriemerujú a tým sa určí praktické pretiahnutie [8].

Na voľne rozloženej pančuche sa v pozdĺžnom smere naznačia rovnobežky pretínajúce spriemerované značky. Kolmo k nim sa naznačia v odstupoch 100 mm rovnobežky tak, že spriemerované značky ležia v strede vytvorených pravouholníkov. Vo vzdialenosti 30 mm vnútri pravouholníkov sa vystrihne vzorka, ktorá sa obšije vysoko elastickým švom – na troj-nitnom obnitkovacom stroji s orezom.

Vzorky sa upnú na skúšobný ťahovací prístroj vo voľnej dĺžke 100 mm v smere rovnobežiek naznačených na čelustiach. Ťahujú sa konštantnou rýchlosťou 100 mm/min a ihneď sa rovnakou rýchlosťou zase uvoľnia. Pritom sa zapisujú diagramy sily – natiahnutia [8].

HOSY metóda (Hohenstein) . Táto metóda bola vyvinutá v osemdesiatich rokoch Dr. Weberom a Dr. Gohröm v Hohensteinu v Nemecku a je založená na dynamometrickom meraní. Spočíva v zázname krivky sily-napnutia dané párom svoriek a z toho je vypočítaný tlak pri zadanom napnutí na určitý polomer

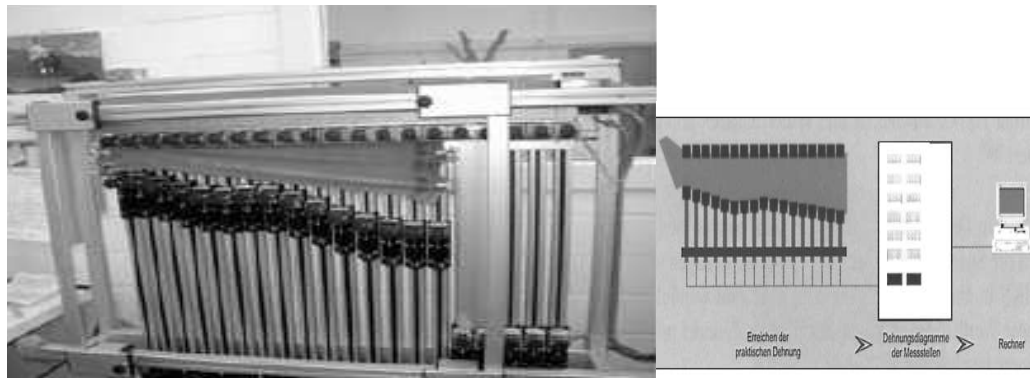
Meracie zariadenie znázornené na obr. 11 sa skladá z troch častí:

- z mechanickej časti k pripevneniu kompresívnej pančuchy
- z jednotky, ktorá mechanickejšiu časť riadi a zaznamenáva meranie
- z počítača

Pančucha sa zavesí podľa svojej dĺžky až na 16 proti sebe pripevnených párov svoriek. Jednotlivé svorky sú vo forme dvojitého valčeku. Medzi tieto valčeky sa pančucha zasunie a je držaná špirálovou pružinou v svorkách. Každá skúšobná jednotka je poháňaná krokovým motorom, ktorého počet impulzov dodáva jednotke informácie o priebehu t. j. vzdialenosť medzi obidvoma svorkami. Meranie prebieha v pevnej rade svoriek elektronickým silovým snímačom. Celý priebeh skúšky je riadený mikroprocesorom [10].

Pri skúške je pančucha upevnená na chodidle a leme. Svorky sa rozídu tak ďaleko od seba, že na každej svorke je natiahnutie 5 cN dĺžky pančuchy (stolné meradlo). Potom počítač vypočíta pre každú svorku priebeh potrebný pre zadaný obvod, dosiahnuté natiahnutie pančuchy a potrebný počet impulzov. Všetky svorky dosiahnu súčasne túto polohu po 20 sekundách [10].

Následne sa podľa stolného meradla pančucha rozťahne o 15 % (v leme o 30%) stredného natiahnutia a rovnakou rýchlosťou sa znovu uvoľní. Počas celého priebehu naťahovania a uvoľňovania sa sledujú v nastaviteľných časových intervaloch vznikajúce sily a pohyby každej svorky. Registrujú sa a pomocou Laplaceovho vzťahu sa určia hodnoty tlaku, ako priemer zo zaťažovanej a uvoľňovanej krivky. Počítač potom vo forme tabuľky pre každú svorku, poprípadе pre meracie miesto natiahnutia vyhodnotí ťažnú silu, tlak a zbytkový tlak pre stav pri zadaných obvodových mierach. Taktiež vyhotoví grafický priebeh tlaku po celej dĺžke nohy alebo diagram tlaku – natiahnutia pre jednotlivé svorky [10].



Obr. 11: Meracie zariadenie – HOSY metóda [10]

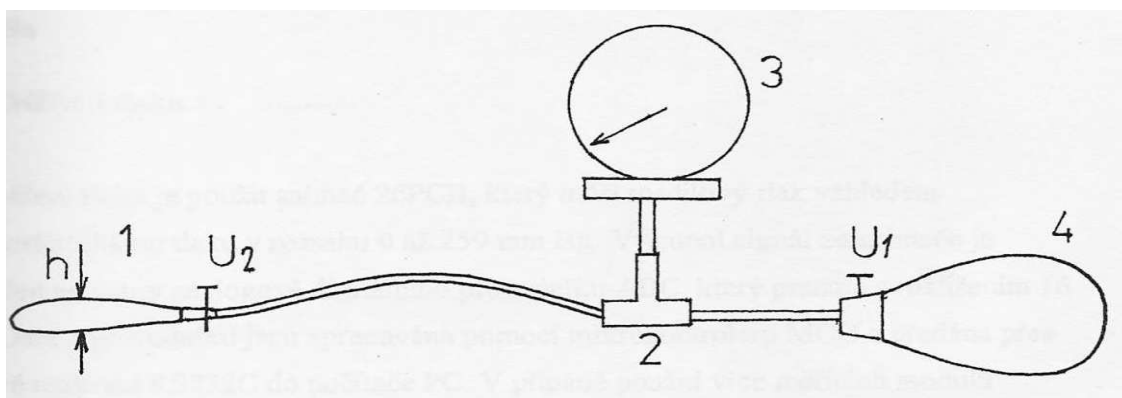
2.2.1 Analýza metód nepriameho merania

Niektoré popisované metódy nepriameho merania tlaku ktorým pôsobí elastická plošná textília na povrch ľudského tela sú vhodné pre laboratórne účely, alebo ako etalóny pre kalibráciu meracích prístrojov. Pre praktické využitie je nutné skonštruovať kompaktnější prístroj na ktorom by bolo možné výsledné hodnoty priamo odčítať [6].

3. Meracie zariadenie pre meranie tlaku zvieraných telies (valec, guľa) elastickou textíliou

3.1 Charakteristika pneumatického snímača tlaku „PST X“

Pneumatický snímač tlaku „PST X“ (obr. 12), využíva metodiku priameho merania tlaku a je založený na pneumatickom princípe. Základom tohto meracieho zariadenia je sonda, ktorá sa vkladá medzi elastickú textíliu a povrch modelu. Podmienkou exaktného merania je požiadavka, aby snímač tlaku (sonda) značne nemenil geometriu snímaného objektu [8].



Obr. 12: Pneumatický snímač tlaku „PST X“ [8]

Kde: 1meracia sonda s gumovou hadicou
2 trojcestný T kus
3 manometer
4inflátor
 U_1, U_2 uzávery
 h výška snímača (výška sondy pri kalibrácii sa približuje $h \rightarrow 0$,
meraná je väčšia $h > 0$)

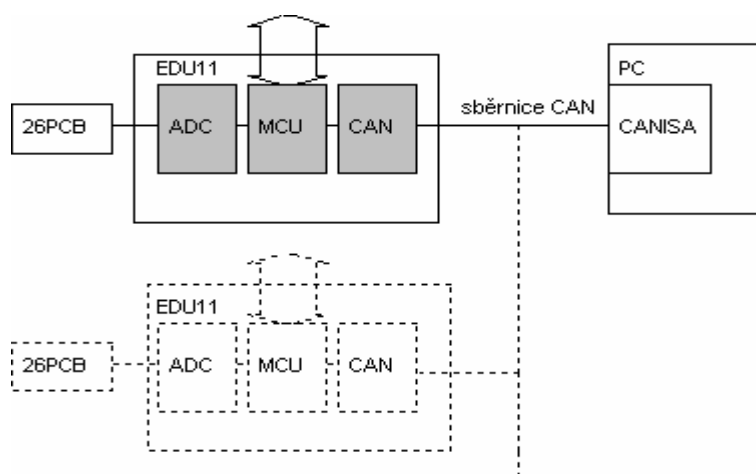
Pred vlastným meraním sa zavrie uzáver U_1 a systém sa natlakuje inflátorom mimo vlastnej sondy t. j. v úseku U_1 a U_2 na tlak p_0 , ktorý je vyšší ako sú dosahované hodnoty zvieracích účinkov. Potom sa otvorí uzáver U_2 . Množstvo vzduchu ΔV ktoré sa premiestni do snímača z úseku U_1, U_2 musí byť obmedzené, aby výška snímača negatívne neovplyvňovala výsledky merania. Pre meranie bola sonda kalibrovaná na tlak 150 torrov [8].

Táto metóda priameho merania zvieracích účinkov je veľmi často odsudzovaná pre jej nepresnosť vplyvom druhotnej deformácie komprimujúcej textílie od geometrických rozmerov snímača (kap. 3.1.1). Uvedená metóda eliminuje nepresnosti merania počiatočnou kalibráciou sondy pri nulovom obsahu. Tým sa docieli to, že snímač ostáva plochý a vzniknutú chybu výsledku merania je možné tolerovať [9].

3.2 Meracia jednotka PressCAN pre meranie zvieracieho účinku výrobku na povrch telesa

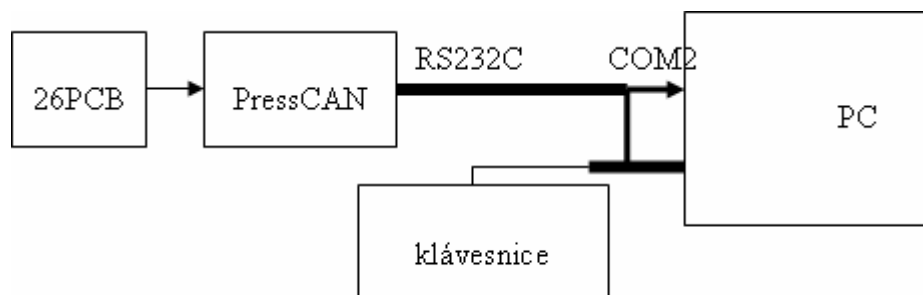
Pre meranie zvieracích účinkov elastických výrobkov na povrchu tela bolo potrebné vyvinúť vhodné snímacie zariadenie s možnosťou registrácie výsledkov. Takýmto zariadením je meracia jednotka PressCAN.

Pre meranie tlaku je použitý snímač 26PCB ktorý meria rozdielový tlak vzhľadom k atmosférickému tlaku v rozsahu tlaku 0 až 259 mm/Hg. Výstupný signál zo snímača je privedený na vstup analógového digitálneho prevodníka ADC, ktorý pracuje s rozlíšením 16 bitov. Údaje z prevodníka sú spracované pomocou mikrokontroloru MCU a predané cez sériové rozhranie RS232C do počítača. V prípade použitia viacerých meracích modulov PressCAN je možné pre prenos údajov použiť komunikačné rozhranie pre zbernica CAN (Controller Area Network). Na obr. 13 je znázornená bloková schéma meracieho systému s použitím zbernice CAN [9].



Obr. 13: Bloková schéma meracieho systému s použitím zbernice CAN [9]

Modul PressCAN je pripojený pomocou sériového komunikačného kábla k počítaču. Na strane modulu sa kábel zapojí do konektora označeného RS232C a na strane počítača sa použije konektor rozhrania COM1 alebo COM2. Napájanie modulu zaisťuje káblová spojka, ktorá sa vloží medzi klávesnicu a konektor pre pripojenie klávesnice v počítači (obr. 14) [9].



Obr. 14: Pripojenie modulu PressCAN k počítaču [9]

3.2.1 Program PRESS.EXE

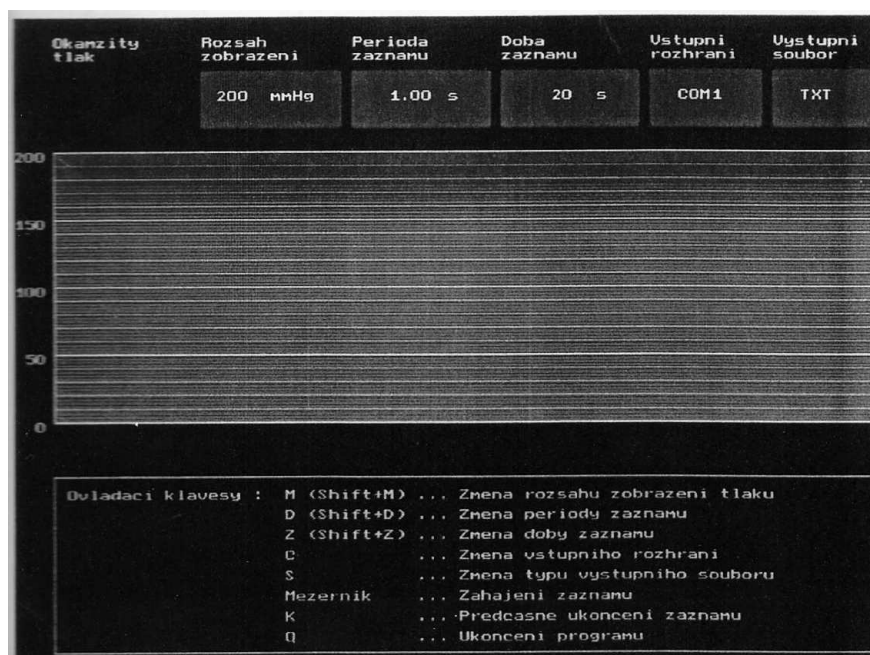
Program je určený pre pomalší počítač (s procesorom 486) s operačným systémom MS DOS. Je schopný prijímať namerané údaje po sériovej linke cez rozhranie COM1 (COM2) počítača, zobrazovať okamžitú hodnotu a časový priebeh tlaku na obrazovke, a ukladať namerané údaje do súboru na pevný disk.

Umožňuje nastaviť:

- rozsah zobrazenia tlaku
- časovú periódu záznamu do súboru
- dobu záznamu do súboru
- vstupné rozhranie pre príjem údajov
- typ výstupného súboru (aktuálna verzia programu ukladá údaje do textového súboru, z ktorého sa dajú údaje importovať do tabuľky formátu MS Excel)

Horná časť obrazovky (obr. 15) je určená pre zobrazenie okamžitej hodnoty tlaku na nastavených parametroch programu, v strednej časti sa

zobrazuje časový priebeh meranej veličiny a spodná časť obsahuje návod pre ovládanie programu pomocou klávesnice [9].



Obr. 15: Vzhľad obrazovky

3.3 Metodika priameho merania zvieracích účinkov elastických textílií na povrch vypuklého telesa

Pri meraní zvieracích účinkov kompresívno-elastických textílií na povrch modelu sa za základné sférické útvary zvolili valcový a guľový profil, pretože najviac odpovedajú realite, pričom účinky napätia textílie sú na týchto útvaroch pri rovnakých zaťaženiach rozdielne.

Všeobecne tlak na povrchu zvieraného telesa je vyvolaný dvojsoou napätosťou σ_1, σ_2 v závislosti na polomere krivosti povrchu r_1, r_2 daných smerov.

$$p = \frac{\sigma_1}{r_1} + \frac{\sigma_2}{r_2} \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

Kde:

pje tlakový účinok textílie na povrch zvieracieho útvaru (Pa)
 σ_1, σ_2sú napätia v textílii v hlavných smeroch napätosti 1,2 (Nm^{-1})
 r_1, r_2 sú polomery krivosti povrchu sférického telesa (m)

V prípade valcovej plochy je krivosť v smere osi valca nulová, a preto $\frac{\sigma_1}{r_1} \rightarrow 0$

V prípade guľového povrchu telesa sa účinky napätosti σ_1, σ_2 pre $p_1 > 0$ a $p_2 > 0$ sa sčítajú [9].

3.4 Charakteristika valcového modelu

Valcový model (obr. 16) predstavovala trubica z PVC materiálu o rozmeroch: *priemer – 110 mm, dĺžka – 400 mm*

Táto trubica bola upevnená na drevený podstavec. Na dlhších stranách modelu sú umiestnené kotúčové kladky, na ktorých sa zaťažovala elastická textília [8].



Obr. 16: Valcový model [8]

3.5 Charakteristika guľového modelu

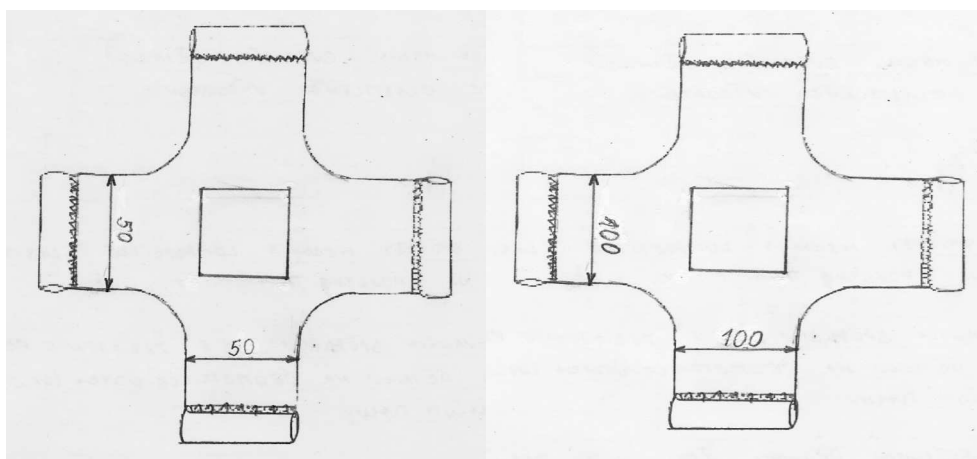
Guľový model (obr. 17) zastupovali dve gule o *priemere 120 mm* a *85 mm* z gumovým povrchom. Počas merania boli umiestnené na podstavci. Pri zaťažovaní elastickej textílie bolo trenie na guľovom modeli znižované talekom [8].



Obr. 17: Gul'ový model [8]

3.6 Charakteristika elastickej textílie

Z elastickej textílie boli vytvorené meracie vzorky v tvare kríža (obr.18) pretože takýto tvar sa môže nezávisle zaťažovať v oboch hlavných smeroch t. j. v smere osi a v smere kolmom. Veľkosti meracích vzoriek boli zhotovené v dvoch úrovniach a to 50x50 mm a 100x100 mm [9].

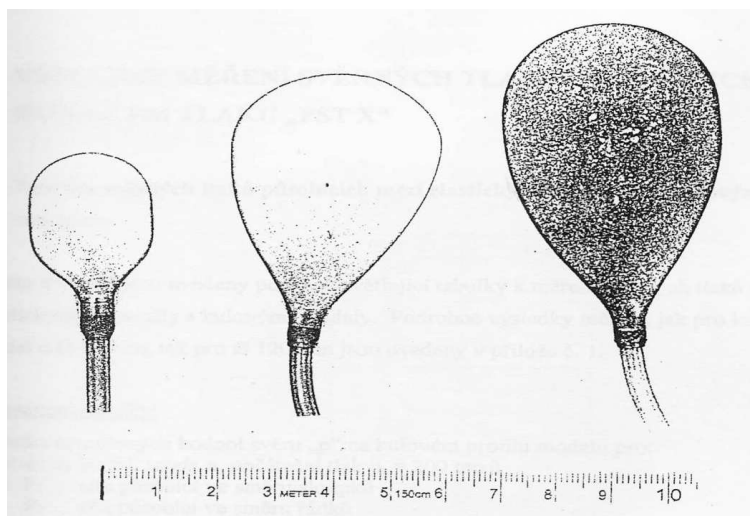


Obr. 18: Vzorky elastickej textílie [9]

3.7 Vlastné meranie zvieracích účinkov elastickej textílie na povrch valca a gule

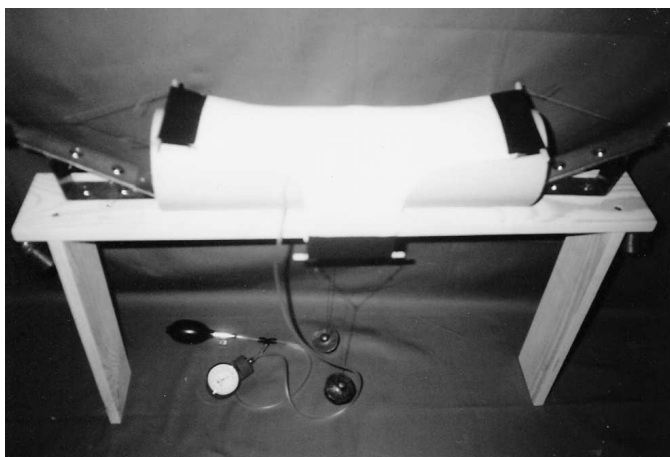
Pre vlastné meranie zvieracích účinkov bol použitý pneumatický snímač tlaku „PST X“. Pred vlastným meraním sa systém natlakoval mimo vlastnú sondu t. j. v úseku U_1 a U_2 na tlak $p_c = 150$ torrov (kalibrácia). Výška natlakovanej meracej sondy bola minimálna. Pred meraním (pred zavedením sondy na sledované miesto) sa otvoril uzáver U_2 , čím sa komprimovaný vzduch prepustil aj do priestoru sondy a merač bol pripravený k použitiu v podmienkach praxe [8].

Pre meranie kompresívnych tlakov boli špeciálne navrhnuté a vyrobené meracie sondy (gumové snímače tlaku) o veľkosti $a = 1786 \text{ mm}^2$, $b = 1410 \text{ mm}^2$, $c = 595 \text{ mm}^2$ (obr. 19), ktoré sa vkladajú medzi elasticкую textíliu a povrch modelu.

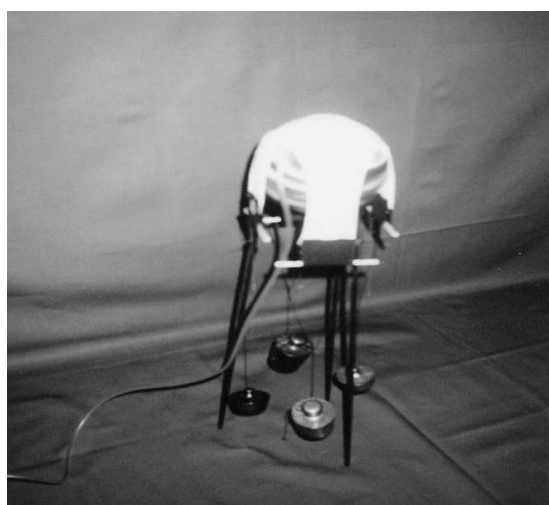


Obr. 19: Gumové snímače tlaku pre meranie zvieracích účinkov elastickej textílie [8]

Vzorok elastickej textílie sa položil na valcový povrch modelu (obr.20) potom na guľový povrch modelu (obr.21) a zaťažil sa 200 g, 300 g a 400 g závaží. Na stupnici manometra pneumatického snímača sa určovali hodnoty tlaku [8]



Obr. 20: Senzor vložený medzi valcovým modelom a elastickou textíliou [8]



Obr. 21: Senzor vložený medzi guľovým modelom a elastickou textíliou [9]

Výsledky sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách, kde sú vedľa veľkosti zaťaženia uvedené zmerané zvieracie účinky v závislosti na polohách sondy a tiež vzdialenosti bodov A,B,C,D po deformácii vzorku materiálu merané po jej povrchu. V tab. 3 sú namerané hodnoty zvieracích účinkov p [torr] podľa polohy sondy (1, 2, 3) a deformácia obrázka A, B, C, D na valcovom profile modelu. V tab. 4 sú namerané hodnoty zvieracích účinkov p [torr] a deformácia obrázka A, B, C, D pre guľový profil modelu s priemerom 120 mm. V tab. 5 sú namerané hodnoty zvieracích účinkov p [torr] a deformácia obrázka A, B, C, D pre guľový model s priemerom 85 mm. A v tab. 6 sú hodnoty zvieracích účinkov p [torr] podľa smeru umiestnenia sondy na modeli valca. Rôznym polohovaním sondy sa sledoval vplyv rozmerov spojovacej hadičky sondy [9].

Tab. 3 - Tabuľka nameraných hodnôt [9]

m ₁ [g]	m ₂ [g]	p ₁ [torr]	p ₂ [torr]	p ₃ [torr]	AB	BC	CD	AD
200	200	2,4	4,9	2,6	55	57	57	55
200	300	2,2	4,6	2,7	55	59	55	59
300	200	5,1	5,1	5,2	58	57	57	58
300	300	4,4	5,3	4,7	59	58	58	59
300	400	3,1	6,3	4,4	60	58	58	60
400	300	5,9	6,7	6,2	59	59	59	59
400	400	5,1	6,8	5,4	60	60	60	60

Kde: m₁... hmotnosť závažia v smere kolmom na os valca

m₂... hmotnosť závažia v smere osi valca

p₁... tlak umiestnenej sondy (1..v smere osi valca, 2.. v smere obvodu valca, 3..v smere uhlopriečky)

Tab. 4: Tabuľka nameraných hodnôt [9]

m ₁ [g]	m ₂ [g]	p[torr]	AB	BC	CD	DA	AC	BD
200	200	9,6	55	56,5	57,5	54	84	83
300	300	10,3	56	57	58	55	85	83
400	400	12,2	57,5	57,5	58	56	85	83,5

Vzorok: 50/50 mm, sonda a

Model: guľa s priemerom 120 mm

Tab. 5 - Tabuľka nameraných hodnôt [9]

m ₁ [g]	m ₂ [g]	p[torr]	AB	BC	CD	DA	AC	BD
200	200	13,23	54	57	52	54	84	82
300	300	15,35	55	58	52	55	85	82,5
400	400	19,3	55	60	53	55	86	84

Vzorok: 50/50 mm, sonda a

Model: guľa s priemerom 85 mm

Tab. 6 - Tabuľka nameraných hodnôt [9]

m_1 [g]	m_2 [g]	p_1 [torr]	p_2 [torr]	p_3 [torr]
200	200	2,1	4,4	2,9
300	200	3,4	6,4	4
200	300	2	3,9	2,8
300	300	4,3	5,7	4,3
300	400	4,9	7,8	5,9
400	300	7	9,9	7,8
400	400	5,6	9,7	8

Smery uloženia sondy: 1- \uparrow , 2- \rightarrow , 3- diagonálna

Vzorok: 100/100 mm, sonda **a** Model: valec s priemerom 110 mm

Pri porovnaní týchto hodnôt sa výsledky merania zvieracích tlakov na guľovom a valcovom modeli výrazne líšili, čo bolo spôsobené tým, že elastická textília bola na guľovom modeli zaťažovaná v dvoch smeroch a na valcovom modeli iba v jednom smere. Pri valcovom profile vzhľadom k tomu, že p_1 rastie nad všetky medze sa ukázala platnosť vzťahu (1) redukovaného na:

$$p = \frac{\sigma_1}{r_1} + \frac{\sigma_2}{r_2} = \frac{\sigma_2}{r_2} \quad [8]$$

Táto metodika merania zvieracích účinkov elastickej textílie umožňuje prevádzať sledovanie zvieracích účinkov nielen na modeloch, ale aj na povrchu ľudského tela a to v statickom aj dynamickom režime [9].

4. Meranie zvieracích účinkov zdravotníckych pančúch

4.1 Požiadavky kladené na kvalitné zdravotnícke pančuchy

Zdravotnícke pančuchy musia sťahovať dolnú končatinu presne stanovenou silou. Ich tlakové účinky majú vyrovnávať hydrostatický tlak krvného stĺpca v žilovom systéme. Hodnota tejto zvieracej sily musí byť rôzna pre kategórie kompresívnych tried a konštantná aj počas ich používania.

Veľkosť tejto zvieracej sily nesmie obmedzovať krvný obeh a vyvolávať pocit únavy dolných končatín. Voľba správnej dĺžky kompresívnej elastickej pančuchy by mala závisieť od rozsahu varixov. Ak sa vyskytujú varixy iba na lýtku, doporučujú sa lýtkové pančuchy. Na vyššiu oblasť výskytu varixov sa doporučujú polostehenné pančuchy, stehenné pančuchy, alebo pančuchové nohavice.

Taktiež by mali mať prijateľný vonkajší vzhľad a jemnosť, pretože zdravotnícke pančuchy používajú väčšinou ženy, ktoré chcú skryť svoje fyzické nedostatky - kŕčové žily a uzly varixov. Hlavnou nevýhodou kompresívnych elastických pančúch je, že pôsobia iba určitým dopredu daným tlakom, ktorý sa nedá časovo ani lokálne meniť podľa potreby a časom strácajú svoju pružnosť.

Medzi hlavné požiadavky na kompresívne elastické pančuchy patria:

- ✓ dlhoťažnosť a dvojtťažnosť pančúch - ich rozťažnosť musí byť dostatočná do šírky (najmenej 120%) a do dĺžky (30%) od pôvodnej veľkosti. Ťažnosť do šírky je nevyhnutná preto, že pri malom obvode nad členkom a pri požadovanom najvyššom tlaku v tejto oblasti sa pančuchy musia pretiahnuť cez omnoho väčší obvod v oblasti päty. Rozťažnosťou do dĺžky sa vyrovnávajú všetky malé nerovnosti končatín a uľahčuje sa pohyb v kĺboch. Dlhoťažné materiály pôsobia rovnomerným, trvalým a veľmi účinným tlakom na povrchové žily.

- ✓ Mali by mať rozdielnú hodnotu zvieracej sily na rôznych úrovniach svojej dĺžky
- ✓ mali by byť odolné voči potu, oleju, tukom, žiareniu
- ✓ mali by sa dobre prať a nesmú dráždiť pokožku
- ✓ vonkajší vzhľad zdravotníckych pančúch musí zodpovedať súčasným estetickým požiadavkám

4.2 Charakteristika zdravotníckej pančuchy

V tomto experimente boli použité zdravotnícke kompresívne pančuchy MAXIS (príloha 1), zhotovené ako elastická osnovná pletenina na moderných pletacích strojoch. Vďaka vláknu LYCRA zaručujú veľmi dobrú elasticitu a odstupňovanú kompresiu. Použitím najnovšej technológie a najmodernejšieho materiálu je odbúravateľný rozdiel medzi zdravotníckymi a klasickými pančuchami.

Kompresívne zdravotné pančuchy MAXIS (obr.22) sú určené k liečbe krčových žíl a sú vyrábané s otvorenou špičkou a antisepticky upravované. Odstupňovaný masážny tlak významne podporuje krvný obeh čím znižuje bolesť v dolných končatinách a obmedzuje možnosť vzniku opuchov. Svojím prevedením splňujú náročné medicínske požiadavky a svojou estetickou úrovňou uspokojujú aj najnáročnejšieho zákazníka.

V závislosti zvieracej schopnosti sa pančuchy delia na :

Podporné pančuchové výrobky, ktoré chránia nohy pred vznikom žilových ochorení. Môžu sa používať pri náchylnosti na vznik opuchov pri dlhom státi alebo sedení, pri pocitoch ťažkých a unavených nôh, pri dlhodobej záťaži dolných končatín v zamestnaní, počas tehotenstva ako prevencia vzniku krčových žíl. Označujú sa tlakom od 2,45-2,8 kPa (18,4-21 mm/Hg) v mieste nad členkom. Je to tlak mierne vyšší ako majú normálne pančuchy a sú zaradené do **I. kompresívnej triedy**.

Kompresívne pančuchové výrobky svojim zostupným tlakom smerom od členkov nahor zvyšujú rýchlosť prúdenia krvi, čím zabraňujú jej hromadeniu

v žilách a tým významne redukuje proces rozvoja ochorenia žíl. Pri dvojsmernom pretiahnutí pančuchy musia zaručovať tlak na dolnú končatinu do 13,3 kPa. Sú rozdelené na:

-II. kompresívnu triedu s tlakom od 3,35-4,3 kPa (25,1-32,3 mm/Hg)

-III. kompresívnu triedu s tlakom od 4,85-6,2 kPa (36,4-46,5 mm/Hg)

Vyrábajú sa v 8 štandardných veľkostiach širokej škály farebného prevedenia , kde okrem toho je tiež možná výroba na mieru podľa individuálnych potrieb zákazníka. Majú dobrú estetickú úroveň, poskytujú všestranný komfort t.j. sú pružné, príjemné, pohodlné a umožňujú celodenné nosenie.

Výber zdravotníckych pančúch musí zodpovedať parametrom dolnej končatiny (obvodom a dĺžkam) a stupňu žilového ochorenia.



Obr. 22: Kompresívne zdravotné pančuchy MAXIS

Pacienti trpiaci na krčové žily s menšou telesnou silou, obezitou, či obmedzenou hybnosťou majú často problémy pri obliekaní kompresívnych elastických pančúch. Jednoduchá manipulácia s navliekačom ANNA šetrí čas aj námahu. Zabraňuje mechanickému poškodeniu pančúch pri ručnom navliekaní a pacienti s obmedzenou telesnou schopnosťou si udržia svoju samostatnosť. Navliekač ANNA zobrazený na obr. 23 je vhodnou pomôckou pre všetky druhy pančúch



Obr. 23: Navliekač ANNA

4.3 Vlastné meranie zvieracích účinkov zdravotníckych pančúch pôsobiacich na dolnú končatinu

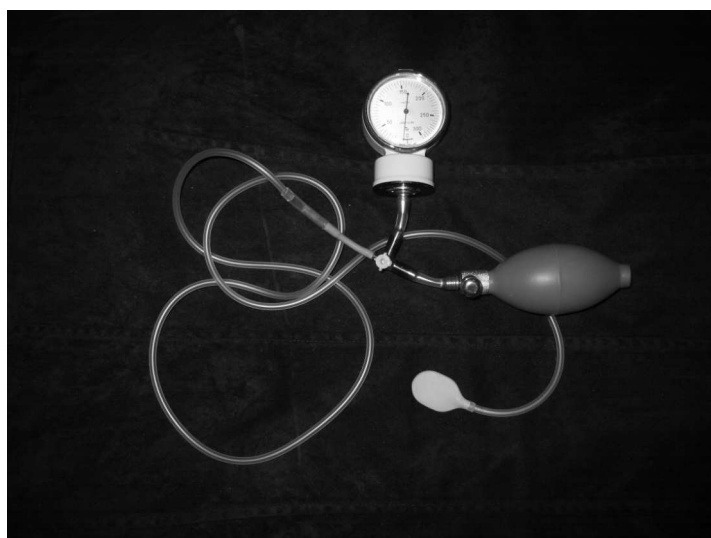
4.3.1 Metodika merania zvieracích účinkov

Vlastné meranie sa prevádzalo na kožnom stacionári vo Svidníku v spolupráci s Mudr. Júliou Stracenskou (príloha 2), kde sa hlbšie venujú problematike liečenia varixov a chronickej venózne insuficencie a lymfedémov. Na tomto dermatovenerologickom oddelení sanatórneho typu po odbornom vyšetrení lekárom (príloha 3), pacienti ako súčasť liečby, denne používajú kompresívne elastické pančuchy ako nevyhnutnú kompresívnu terapiu. O režimových a hygienických opatreniach sú podrobne poučení ošetrojúcim lekárom a prehľadnými brožúrkami (príloha 4). Na tomto oddelení pacienti sa podrobujú aj manuálnej a prístrojovej lymfodrenáži (príloha 5), ktorá napomáha k zlepšovaniu zdravotného stavu pacientov (obr. 24).



Obr. 24: Prístrojová lymfodrenáž

Pri vlastnom meraní bola použitá metodika priameho merania zvieracích účinkov elastickej textílie (zdravotníckych pančúch) pôsobiacej na povrch ľudského tela a pneumatický snímač tlaku „PST X“ (kap. 4.1). Tento snímač má špeciálne navrhnuté a vyrobené meracie sondy (gumové snímače tlaku), ktoré sa vkladajú medzi kompresívnu zdravotnícku pančuchu a povrch ľudského tela (kap. 4.7). Pri meraní na sondu pôsobia z jednej strany zvieracie sily pančuchy a z druhej pokožka tela. Podmienkou exaktného merania je požiadavka, aby sonda hrubo nemenila geometriu snímaného objektu (obr. 25).

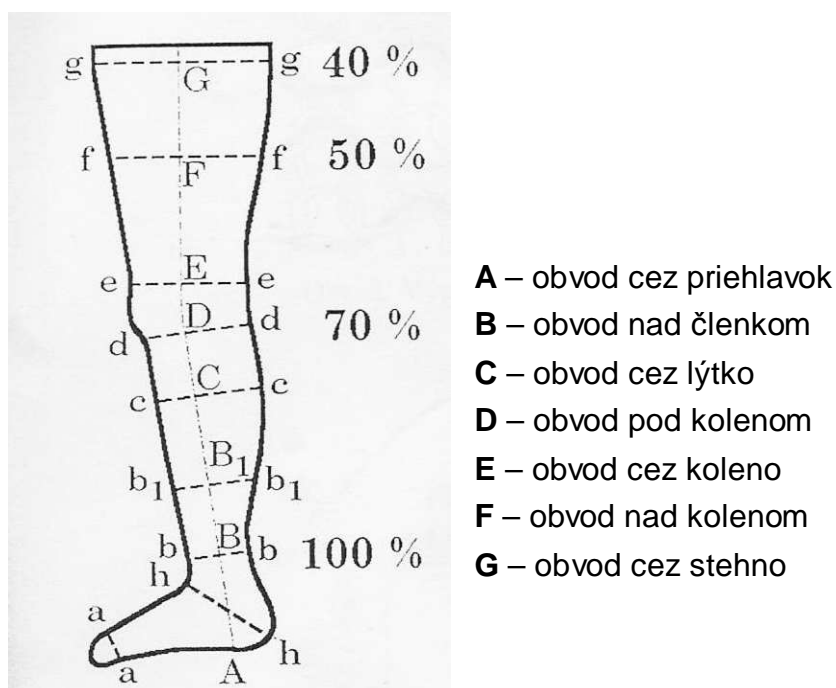


Obr. 25: Pneumatický snímač tlaku „PST X“

Pred vlastným meraním sa systém natlakoval inflátorom mimo vlastnej sondy t. j. v úseku U_1 a U_2 na tlak $p_c = 100$ torrov (kalibrácia). Tento tlak je vyšší než dosahované hodnoty zvieracích účinkov. Otvoril sa uzáver U_2 , čím sa

komprimovaný vzduch prepustil aj do priestoru sondy a prístroj bol pripravený k meraniu. Veľkosť meracej sondy bola 595 mm².

Po čiastočnom navlečení pančuchy na dolnú končatinu sa zaviedla sonda na požadované miesto t. j. **B** - oblasť nad členkom, **C** – oblasť cez lýtko, **F** – oblasť cez stehno (obr. 26) a cez sondu sa pretiahla kompresívna zdravotnícka pančucha. Zapísal sa okamžitý tlak meraného miesta. Potom sa proband prechádzal, aby meranie bolo uskutočňované za dynamických podmienok a zapísali sa hodnoty merania. Sonda sa umiestnila na ďalšie merané miesto a zapísal sa daný tlak. Proband sa opäť prechádzal a zapísali sa hodnoty tlaku za dynamických podmienok. Postup meraní sa neustále opakoval v závislosti na počtu meraní. Po prevedení merania sa zmerali jednotlivé obvody sledovaných oblastí: **B** – obvod nad členkom, **C** – obvod cez lýtko, **F** – obvod cez stehno. Ďalej sa zachytili tvary dolnej končatiny, ktoré sa pomocou pružného gumového meradla pre zachytenie kriviek preniesli na papier aj s miestom umiestnenia meracej sondy (príloha 6).



Obr. 23: Schéma kompresívnej pančuchy so zostupným gradientom tlaku

Záznamy z priebehu merania sú znázornené na obr. 27 a obr. 28:



Obr. 24: Varikózne žily dolných končatín



Obr. 25: Meranie zvieracích účinkov

5. Výsledky merania tlaku pneumatickým snímačom tlaku „PST X“

V tab. 7 až tab. 17 sú zaznamenané namerané hodnoty zvieracích účinkov „p“ na povrchu ľudského tela meraných u 10 probandov. Použitá je sonda veľkosti 595 mm², počiatočný tlak p_c = 100 torrov. V tabuľke je uvedené:

meno pacienta, vek, pančucha na ktorej bolo prevedené meranie, kompresívna trieda				
názov firmy vyrábajúcej danú pančuchu	oblasti merania	obvod [cm]	okamžitý tlak [torr]	dynamický režim [torr]

Graf 1 zobrazuje okamžitý tlak meraný u probandov v oblasti B, C, F na dolnej končatine.

Tab. 7 – Proband č. 1 [

Kopčová Martina, 28 rokov, stehenná pančucha, II. K.T.				
MAXIS	oblasti merania	obvody [cm]	okamžitý tlak [torr]	dynamický režim [torr]
	oblasť členka B (15 cm od zeme)	25,5	34	30 - 38
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	41	26	24 - 30
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	56	15	15 - 19

Tab. 8 – Proband č. 2

Bilá Katarína, 51 rokov, stehenná pančucha, II K.T.				
MAXIS	oblasti merania	obvody [cm]	okamžitý tlak [torr]	dynamický režim [torr]
	oblasť členka B (15 cm od zeme)	23,5	36	34 – 38
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	40	30	33 – 35
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	58	18	18 - 20

Tab. 9 – Proband č. 3

Guzová Eva, 48 rokov, stehenná pančucha, III. K.T.				
MAXIS	<i>oblasti merania</i>	<i>obvody [cm]</i>	<i>okamžitý tlak [torr]</i>	<i>dynamický režim [torr]</i>
	oblasť členka B (15 cm od zeme)	28	48	42 - 50
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	38	39	38 – 43
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	49	23	22 - 26

Tab. 10 – Proband č. 4

Mikitová Anna, 52 rokov, stehenná pančucha, III.K.T.				
MAXIS	<i>oblasti merania</i>	<i>obvody [cm]</i>	<i>okamžitý tlak [torr]</i>	<i>dynamický režim [torr]</i>
	oblasť členka B (15 cm od zeme)	32	34	30 – 35
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	47	25	25 – 30
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	66	16	16 - 20

Tab. 11 – Proband č. 5

Lažová Helena, 46 rokov, stehenná pančucha, III. K.T.				
MAXIS	<i>oblasti merania</i>	<i>obvody [cm]</i>	<i>okamžitý tlak [torr]</i>	<i>dynamický režim [torr]</i>
	oblasť členka B (15 cm od zeme)	28	35	30 - 38
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	42	29	25 - 32
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	61	19	19 - 22

Tab. 12 – Proband č. 6

Franková Zuzana, 42 rokov, stehenná pančucha, II. K.T.				
	<i>oblasti merania</i>	<i>obvody [cm]</i>	<i>okamžitý tlak [torr]</i>	<i>dynamický režim [torr]</i>
MAXIS	oblasť členka B (15 cm od zeme)	22	32	28 - 35
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	34,5	26	23 - 30
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	48	15	15 - 19

Tab. 13 – Proband č. 7

Fedáková Mária, 31 rokov, stehenná pančucha, II. K.T.				
	<i>oblasti merania</i>	<i>obvody [cm]</i>	<i>okamžitý tlak [torr]</i>	<i>dynamický režim [torr]</i>
MAXIS	oblasť členka B (15 cm od zeme)	21	33	30 - 36
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	33,5	28	26 - 30
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	47,5	17	17 - 19

Tab. 14 – Proband č. 8

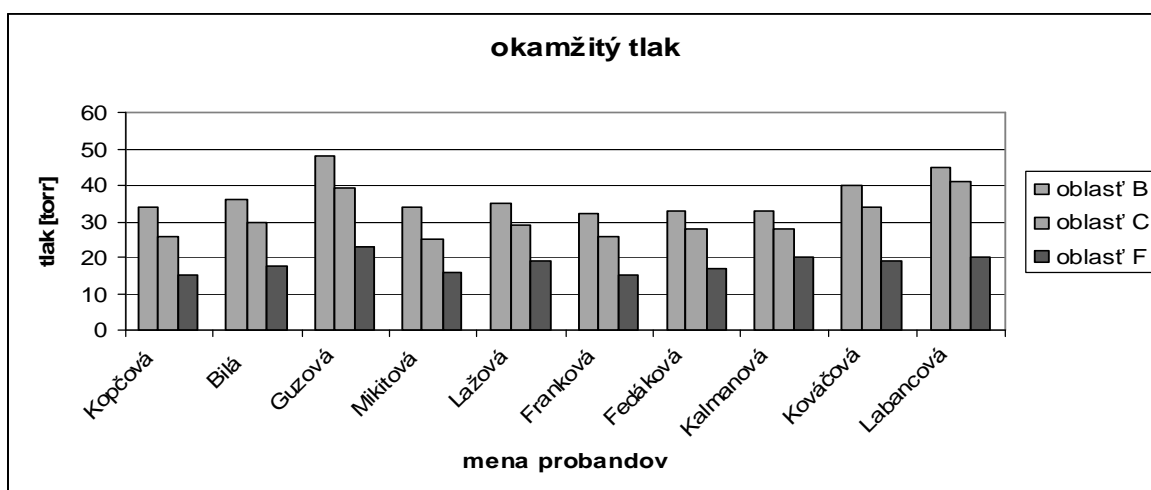
Kalmanová Jana, 44 rokov, stehenná pančucha, II K.T.				
	<i>oblasti merania</i>	<i>obvody [cm]</i>	<i>okamžitý tlak [torr]</i>	<i>dynamický režim [torr]</i>
MAXIS	oblasť členka B (15 cm od zeme)	23	33	31 - 35
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	41	28	28 - 30
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	53	20	20 - 24

Tab. 15 – Proband č. 9

Kováčová Anna, 35 rokov, stehenná pančucha, III K.T.				
MAXIS	oblasti merania	obvody [cm]	okamžitý tlak [torr]	dynamický režim [torr]
	oblasť členka B (15 cm od zeme)	22	40	41 – 43
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	35	34	32 - 36
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	48	19	19 - 22

Tab. 17 – Proband č. 10

Labancová Ivana, 31 rokov, stehenná pančucha, III. K.T.				
MAXIS	oblasti merania	obvody [cm]	okamžitý tlak [torr]	dynamický režim [torr]
	oblasť členka B (15 cm od zeme)	24,5	45	43 - 48
	oblasť lýtky C (30 cm od zeme)	40	41	38 - 43
	oblasť stehna nad kolenom F (15 cm nad kolenom)	51	20	18 - 24



Graf 1 Okamžitý tlak meraný na dolnej končatine v oblasti B, C, F

Záver

Táto diplomová práca sa zaoberá metodikou merania účinkov kompresívno- elastických výrobkov na povrch ľudského tela. Medzi dostupné spôsoby merania zvieracieho tlaku pôsobiaceho na povrch ľudského tela patria metódy priameho merania a metódy nepriameho merania.

Metódy priameho merania sú založené na princípe merania síl, ktoré je nutné vyvinúť k tomu, aby sa odevný výrobok odtiahol od povrchu tela. Tento princíp je použitý v prístrojoch rôznej konštrukcie a spočíva v tom, že sa medzi pružnú textíliu a povrch ľudského tela vloží čidlo v podobe plochého gumového balónika (sondy) nahusteného vzduchom. Čidlo ovplyvňuje napätosť a deformáciu textílie jej lokálnou konfiguráciou a preto nedáva exaktné údaje o tlaku na zvieraný útvar. Napriek tomu je meranie zvieracích účinkov pomocou metód priameho merania rýchle a jednoduché.

Metódy nepriameho merania sú založené na zmeraní parametrov od ktorých je závislá výška zvieracích účinkov elastických výrobkov a z následného výpočtu zvieracích účinkov pomocou zodpovedajúcich vzťahov. Parametre ktorých hodnota ovplyvňuje výšku tlaku elastických výrobkov na povrch ľudského tela sú :

- napätosť elastickej textílie
- polomery zakrivenia povrchu v hlavných smeroch namáhania, ktorými sa charakterizuje zvieraný útvar.

Pre meranie tlakov zvieraných telies (valca, gule) elastickou textíliou bolo v tejto diplomovej práci vybrané zariadenie „PST X“ (pneumatický snímač tlaku), ktorý eliminuje nepresnosti merania počiatočnou kalibráciou sondy pri nulovom obsahu. Tým sa docieli to, že sonda ostáva plochá a vzniknutú chybu výsledku merania je možné tolerovať. Pri všetkých veľkostiach sondy bola sústava meracieho zariadenia kalibrovaná na tlak 150 torrov. K pneumatickému snímaču „PST X“ bolo pripojené špeciálne vyvinuté snímacie zariadenie

s možnosťou registrácie výsledkov- meracia jednotka PressCAN pre meranie tlaku.

Pre meranie bol zvolený valcový profil modelu o priemere 110 mm a guľový profil modelu o priemere 85 mm a 120 mm. Z elastickej textílie boli vytvorené meracie vzorky o veľkosti 50x50 a 100x100 v tvare kríža pre možnosť ich nezávislého zaťažovania v oboch hlavných smeroch.

Výsledky merania zvieracích tlakov na valcovom a guľovom modeli sa výrazne líšia, čo je spôsobené tým, že elastickejšíu textíliu na guľovom modeli zaťažujeme v dvoch smeroch a na valcovom modeli iba v jednom smere.

Pre priame meranie zvieracích účinkov kompresívnych zdravotníckych pančúch na dolnú končatinu bolo použité zariadenie „PST X“ (pneumatický snímač tlaku) a stehenné pančuchy MAXIS. Ako vlastná tlaková sonda ktorá sa vkladá medzi kompresívnu zdravotnícku pančuchu a povrch tela dolnej končatiny, bol použitý gumový snímač tlaku o veľkosti 595 mm² s kalibráciou $p_c = 100$ torrov.

Hodnotenie zvieracích účinkov tlakov kompresívnych zdravotníckych pančúch meraných na dolnej končatine.

Pri meraní na 10 dolných končatinách (5 zdravých kontrolných osôb a 5 pacientov postihnutých ochorením žilového systému dolných končatín) bol zisťovaný statický tlak (tlak ktorým pôsobí kompresívna zdravotnícka pančucha na dolnú končatinu vlastnou elasticitou) pomocou senzora umiestneného pod pančuchou vo výške obvodu B, D, F. Priemerný statický tlak je v oblasti B = 23,12 torrov; D = 13,52 torrov; a F = 10,35 torrov. Medicínsky je veľkosť tlaku p najčastejšie vyjadrovaná v torroch resp. mm/Hg, než v kPa. (10 torrov = 1,333 kPa).

Tlaky pod kompresívnou zdravotníckou pančuchou sa u chorých pacientov a zdravých jedincov príliš nemenia. Dynamické zmeny tlaku sa tiež výrazne nelíšia. Väčšie zmeny môžu nastať v prípade ak pacient bude viac zaťažovať nohy najmä pri zmenách telesnej polohy (beh, sed, drep, ...).

Meranie zvieracích tlakov výrazne ovplyvňuje trenie medzi pokožkou tela a kompresívnou zdravotníckou pančuchou. Z praktického hľadiska sa trenie nedá eliminovať. K ustáleniu deformácie výrobku vzhľadom k povrchu tela dochádza dodatočne počas užívania. V súčasnej dobe výrobky firmy MAXIS pekne padnú na nohu, svojou dostatočnou odstupňovanou zvieracou silou zaisťujú masážny efekt a podporujú krvný obeh, čím znižujú bolesť v dolných končatinách a obmedzujú možnosť vzniku opuchov.

Vyhodnotením experimentu možno konštatovať že meraním priamou metódou pomocou pneumatického snímača tlaku „PST X“ je možné orientačne zisťovať hodnoty tlaku zvieracieho účinku kompresívne elastických pančúch.

Problémom pri praktickom používaní pneumatického snímača tlaku „PST X“ bolo správne uloženie sondy medzi dolnú končatinu a kompresívnu elastickú pančuchu. Budúca štúdia danej problematiky by sa mohla viac zamerať na túto oblasť. Meranie s týmto prístrojom by sa urýchlilo a zjednodušilo, ak by sa hodnoty meraného tlaku zobrazovali automatický napr. na displeji.

Literatúra

1. Kunz,O. - Stříž,B. - Tekeľová,M.: Zvierací účinok telo-tvarujúcich výrobkov
(STRUTEX 1997) TUL/FT Liberec
2. Kappert,A.: Choroby tepien, žíl, vlásoknic a lymfatických ciev
Osveta Martin 1987
3. Nerad,V.: Kompresivní terapie
FORUM MEDIKAL 2/1998 ISSN 1212- 2696
4. Matušinová,M.: Měření svěrných účinků zdravotních punčoch v dynamickém režimu
(bakalářská práce pod vedením O. Kunze), TUL/FT Liberec
5. Kunz,O.: Svěrné účinky oděvních výrobků a způsoby jejich měření
(STRUTEX 1999) TUL/FT Liberec
6. Filatov,N.V.: Navrhování pružných textilních výrobků
(K 474, VÚP)
7. Sedláček,J.: Měření svěrných účinků elastických textilií na modelech
(bakalářská práce TUL/FT KKV 2000)
8. Sedláčková,T.: Měření svěrných účinků elastických textilií působících na sférické útvary (válec, koule)
(bakalářská práce pod vedením O. Kunze),TUL/FT Liberec
9. Kunz,O.: Měření svěrných účinků elastických textilií na povrch modelů
(STRUTEX 2001) TUL/FT Liberec
10. Strejček,J.:Jak se zjišťuje kvalita kompresivních elastických punčoch v Evropské Unii
<http://www.cls.cz/dp>